This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

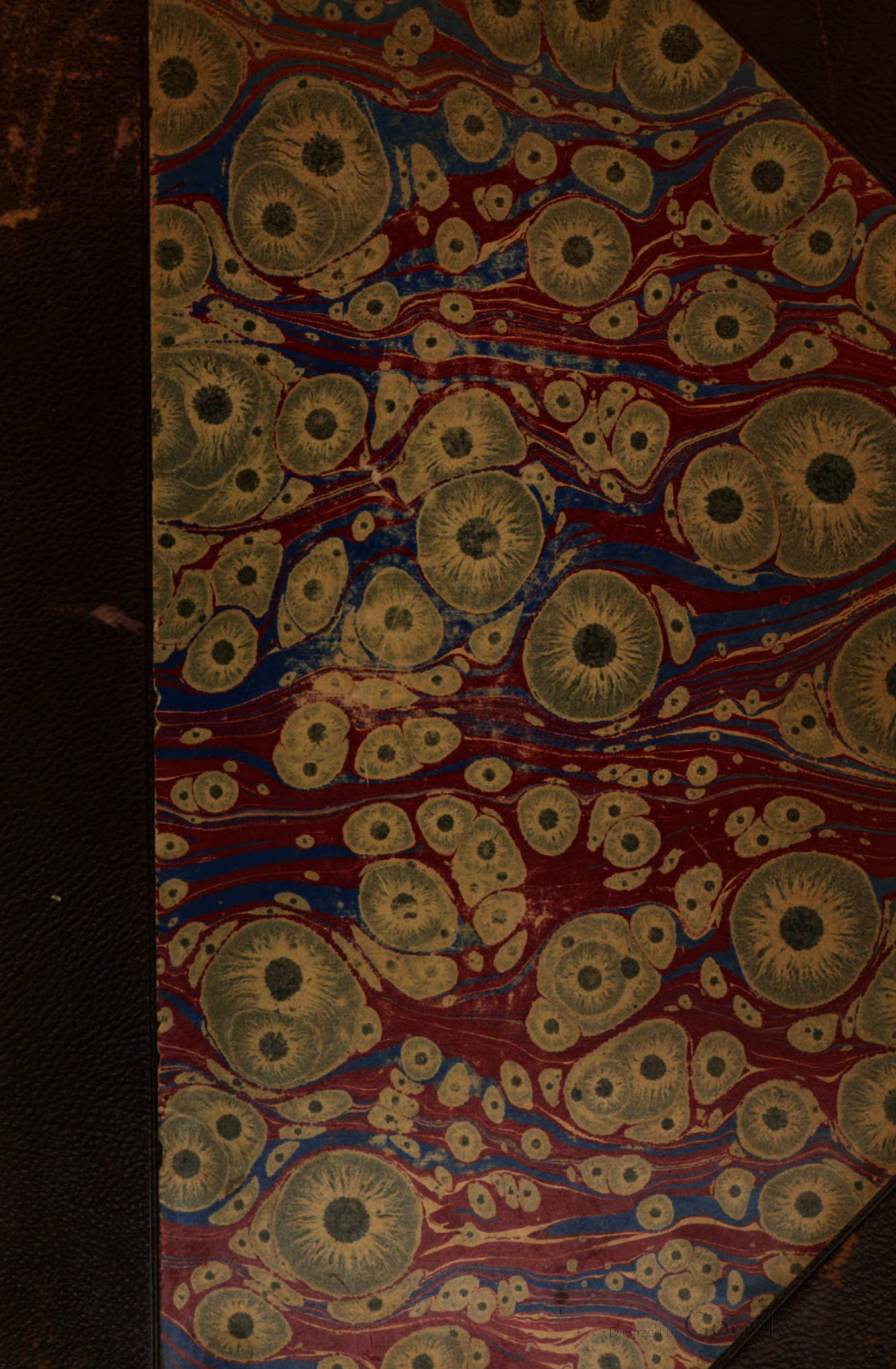
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Phil 192.33.5

Harvard College Library

ROBBINS LIBRARY

OF THE

DEPARTMENT OF PHILOSOPHY

THE GIFT OF

REGINALD CHAUNCEY ROBBINS

TRANSFERRED

TO

HARVARD COLLEGE

LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Welt als Tat.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Welt als Tat.

Umrisse einer Weltanschauung auf naturwissenschaftlicher Grundlage.

Von

Dr. J. Reinke,

Professor der Botanik an der Universität Kiel.

„Ich suche nur die Wahrheit; ich achte sie überall, wo ich sie finde, und ich unterwerfe mich ihr, wo man sie mir zeigt."

Friedrich der Große.

Dritte Auflage.

Berlin.

Verlag von Gebrüder Paetel.

1903.

Digitized by Google

Phil 192.33.5

Harvard University,
Philos. Dept.
Robbins Gift.

TRANSFERRED TO
HARVARD COLLEGE LIBRARY
FEB. 10, 1941

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Seite

Subjekt und Objekt der Naturforschung . . . 1

Kapitel 1. Motive 3
„ 2. Dinge und Vorstellungen 18
„ 3. Zeit und Raum 34
„ 4. Erkennen. Begreifen. Erklären 44
„ 5. Die Kausalität 52
„ 6. Der Zufall 61
„ 7. Intelligenz 64
„ 8. Der Zweckbegriff 69
„ 9. Wahrheit, Dichtung und Weltanschauung 73

Zweiter Abschnitt.

Die Weltbühne 89

Kapitel 10. Die Sonne 91
„ 11. Die Erde 115
„ 12. Geschichte des Lebens 125
„ 13. Die Grundlagen des Geschehens: Stoff, Kraft und Richtung 138

Dritter Abschnitt.

Vom Wesen des Lebens 153

Kapitel 14. Die Aufgabe der Physiologie 155
„ 15. Die Zelle 161
„ 16. Chemie der Zelle 176
„ 17. Energiewechsel der Zelle 187
„ 18. Wachstum und Entwicklung 197
„ 19. Die Reizbarkeit 206
„ 20. Fortpflanzung und Vererbung 224
„ 21. Anpassungen 244

Digitized by Google

Seite

Kapitel 22. Ziele und Zwecke in der belebten Natur 254
„ 23. Die Maschinentheorie der Organismen 267
„ 24. Die Dominanten 275
„ 25. Kosmische Intelligenz 292
„ 26. Die Frage der Urzeugung 305

Vierter Abschnitt.

Der Darwinismus 333

Kapitel 27. Die Arten 335
„ 28. Die Selektionslehre 360
„ 29. Kritik des Selektionsprinzips 377
„ 30. Vererbung erworbener Eigenschaften und Wirkung äußerer Einflüsse 393
„ 31. Nägelis Theorie der Umbildung 406
„ 32. Weismanns Ansichten 422
„ 33. Eigene Vorstellungen 434

Fünfter Abschnitt.

Die Naturwissenschaft und der Gottesbegriff . . 455

Kapitel 34. Monismus und Dualismus 457
„ 35. Theismus. Atheismus. Pantheismus 464
„ 36. Die mosaische Schöpfungslehre 478

Digitized by Google

Vorwort zur zweiten Auflage.

Als der Druck einer neuen Auflage dieses Buches in Sicht kam, war ich vor die Frage gestellt, ob nicht einzelne Kapitel umzuarbeiten sein möchten. Zwei Gründe sind es, die mich davon zurückhielten trotz aller mir selbst wohl am meisten zum Bewußtsein gelangten Mängel meines Werkes. Einmal ist es so aus einem Guß geschrieben, daß eine Umgestaltung einzelner Teile die Harmonie des Ganzen gefährden könnte. Dann aber hätten die Verbesserungen hauptsächlich in einer vertieften Behandlung der vielfach nur angedeuteten biologischen Probleme bestehen müssen. Hier wird nun ein anderes, demnächst erscheinendes Buch von mir einsetzen, das vom streng wissenschaftlichen Standpunkte aus die Grundlagen der heutigen Biologie einer Erörterung unterzieht. Darum entschloß ich mich, die „Welt als Tat" ungeändert ihren Weg gehen zu lassen. Sit ut est!

Nur ein einziger Punkt sei noch hervorgehoben, der mir am Herzen liegt. In Band 97 der Preußischen Jahrbücher S. 139 ff. hat dies Buch eine Besprechung gefunden durch Herrn Prof. A. Drews, für die ich dem geehrten Herrn Rezensenten in hohem Grade dankbar bin, besonders darum, weil er mich auf Eduard von Hartmanns philosophische Schriften hinweist und die mancherlei Übereinstimmung, die sich zwischen Hartmanns und meinen Anschauungen findet,

Digitized by Google

hervorhebt. Drews meint, wenn ich nicht Krönig ausdrücklich als denjenigen genannt hätte, der meine Naturansicht nachhaltig beeinflußt habe, so würde er annehmen, daß die naturphilosophischen Ansichten E. v. Hartmanns auf mein Denken nicht ohne Einfluß geblieben seien. „Es sind wesentlich dieselben Gründe," heißt es weiter, „womit Reinke den subjektiven Idealismus bekämpft; und wenn er darlegt, daß gerade der Naturforscher, falls er sich nur selbst versteht, diesen Standpunkt am allerwenigsten teilen könne, weil er sich damit selbst den Boden unterauszieht, ohne den alle naturwissenschaftlichen Erklärungen ihren Sinn verlieren, so ist dieser Einwand wohl von niemandem so energisch wie von E. v. Hartmann erhoben worden." In Bezug auf die Dominantenlehre wird dann gesagt: „Immerhin ist es höchst erfreulich, zu sehen, daß ein Naturforscher heute ganz von selbst auf eine ähnliche Hypothese hingeführt wird, wie sie v. Hartmann schon vor dreißig Jahren in seiner „Philosophie des Unbewußten" zur Erklärung der organischen Erscheinungen aufgestellt hat, und die ihrem Ursprunge nach auf die Naturphilosophie der Renaissance und des Altertums zurückweist." ..... Ferner: „Nicht genug, daß Reinke die Möglichkeit der Urzeugung in mechanistischem Sinne aufs entschiedenste verneint und die ganze Frage genau im Sinne Hartmanns beantwortet: er bestreitet auch, ebenso wie dieser, die prinzipielle Haltbarkeit des Darwinismus, d. h. der rein mechanistischen Auffassung der Entwicklungsvorgänge, und weist nach, daß alle Versuche, die letztere zu stützen, wie sie z. B. von Nägeli und Weismann gemacht worden sind, die Unzulänglichkeiten derselben nur noch deutlicher enthüllen." ..... Endlich: „Wenn einzelne ihrer Vertreter, wie Reinke, erst jetzt zur Einsicht in die Unhaltbarkeit und Unbrauchbarkeit der erkenntnistheoretischen Prinzipien eines Lange kommen, womit sie ihre Mutlosigkeit zu spekulativem Gedankenfluge bisher entschuldigt haben, so ist es nicht ohne Komik, zu sehen, daß sie dabei in ihren eigenen positiven

Digitized by Google

Aufstellungen zu Resultaten gelangen, welche der verachteten Hartmannschen Philosophie so nahe wie möglich kommen."

Auf diese Anregung hin nahm ich, sobald es meine Zeit erlaubte, die „Philosophie des Unbewußten" zur Hand, die mir ebenso wie die übrigen Schriften E. v. Hartmanns bis dahin unbekannt geblieben war. Mit größtem Interesse und wachsender Anerkennung vertiefte ich mich in das Studium dieses hervorragenden Werkes, das mich nicht wieder losließ, nachdem es mich gepackt. Vermag auch meine nüchterne Phantasie dem metaphysischen Wolkenfluge des Philosophen nicht zu folgen, auf dem ihm z. B. die Materie als Wille und Vorstellung erscheint, so zolle ich doch Hartmann meine Anerkennung um so rückhaltloser in seiner Erörterung biologischer Fragen. Obgleich nur Theoretiker, hat Hartmann doch vielfach den Nagel auf den Kopf getroffen, wo der Empiriker manchmal den Wald vor Bäumen nicht sieht. Der Abschnitt über den Darwinismus gehört sicher zum Besten, was über dies Problem geschrieben worden ist. Wie war es möglich, daß wir Botaniker und Zoologen so wichtige Arbeiten gar nicht kennen lernten? Es ist wohl die ungeheure Fülle der darwinistischen Tagesliteratur gewesen, in der so viele unberufene und so wenig berufene Federn tätig waren, die uns veranlaßte, beim Studium der Arbeiten unserer eigenen Leute, wie Darwin, Wallace, Nägeli, Weismann u. s. w. stehen zu bleiben, von den Philosophen aber höchstens noch Herbert Spencer als Vertreter des Lamarckismus zu berücksichtigen.

So habe ich denn die Überzeugung gewonnen, daß der Verfasser der „Philosophie des Unbewußten" nicht nur als hervorragender Philosoph dasteht, sondern daß er durch das selbständige Durchdenken wichtiger biologischer Fragen auch als theoretischer Biologe in der zeitgenössischen Wissenschaft einen ehrenvollen Platz beanspruchen darf.

Mit dieser Erkenntnis verband sich das Gefühl des Bedauerns, E. v. Hartmann nicht früher kennen gelernt zu

Digitized by Google

haben, um ihm die Anerkennung zuteil werden zu lassen, die unsere Wissenschaft ihm schuldet. Auch im egoistischen Interesse hatte ich dies zu bedauern: welcher Helfer wäre mir nicht in Hartmann erstanden, wenn ich ihn für meine Argumente an den geeigneten Stellen hätte anführen können! Aber dies Gefühl des Bedauerns wich einem anderen, einem Gefühl der Befriedigung darüber, daß die Sachlage sich so entwickelt hat, wie sie ist. Denn es hat doch auch einen hohen inneren Wert, daß zwei Gelehrte ganz unabhängig voneinander, ohne daß der ältere den allergeringsten Einfluß auf den jüngeren ausgeübt, in wichtigen wissenschaftlichen Fragen zu dem gleichen Ergebnisse gelangt sind. Spricht das nicht für die Richtigkeit des Denkens beider? Wäre es nicht zu wünschen, daß solche Unabhängigkeit öfters vorkäme? anstatt daß sich bei der Lage der modernen Publizistik gewöhnlich jeder auf die Schultern eines anderen stellt?

Daher bin ich meinerseits nicht unzufrieden mit dem tatsächlichen Verhältnis der „Welt als Tat" zur „Philosophie des Unbewußten", und es sollte mich freuen, wenn der Autor der letzteren mir zustimmen würde. Seinen Verdiensten nachträglich gerecht zu werden, ist der Zweck dieser Zeilen; außerdem wird mir mein neues Buch, das den Titel führt: „Einleitung in die theoretische Biologie" dazu weitere Gelegenheit geben.

Noch eines andern Rezensenten muß ich gedenken, der mein Buch in der theologischen Literaturzeitung, herausgegeben von Harnack und Schürer (1900, S. 420 ff.), besprochen hat. Von meiner Darstellung des Darwinismus wird dort gesagt: „im großen und ganzen die Anschauungen, die Eduard v. Hartmann bereits vor 25 Jahren in seiner Kritik des Darwinismus entwickelte (zum Dank wofür er im ganzen Buche gar nicht erwähnt wird)." Dazu die Anmerkung: „Etwa deswegen, weil er nicht ‚vom Fach' ist? Aber sind nicht eigentlich die Argumente eines Mannes wichtiger als seine Titel?" Da ich vor dem Erscheinen der

Digitized by Google

„Welt als Tat" nie eine Zeile von Hartmann gelesen habe, so bleibt mir nichts weiter übrig, als gegen die in den eingeklammerten Worten enthaltene Insinuation die entschiedenste Verwahrung einzulegen.

Kiel, 3. Februar 1901.

J. Reinke.

Vorwort zur dritten Auflage.

Auch die dritte Auflage dieses Buches ist ein unveränderter Abdruck der ersten. Die Gründe dafür wurden im Vorwort zur zweiten Auflage geltend gemacht. Inzwischen ist meine „Einleitung in die theoretische Biologie" erschienen, ein bei aller Wissenschaftlichkeit doch für jeden Gebildeten verständlich geschriebenes Buch, in dem ich meine Ansicht vom Leben eingehender dargelegt und begründet habe.

Nur in einem Stücke weist die dritte Auflage eine Verbesserung gegenüber den beiden ersten auf. Aus dem Leserkreise war ich darauf aufmerksam gemacht worden, daß Kapitel 15 über die Zelle für Laien, denen jede Anschauung der Zelle fehlt, ohne Abbildungen zu schwer verständlich bliebe. Auf diese Anregung hin fanden sich die Herren Verleger in dankenswertester Weise bereit, einige der Abbildungen meiner Biologie, die sich auf die Zelle und besonders auf die so interessante Mitose des Zellkerns beziehen, jenem Kap. 15 einzuverleiben. Die Einfügung dieser Figuren bedingte einige unwesentliche Zusätze zum Text. —

Im Vorwort zur zweiten Auflage hob ich die weitgehende Übereinstimmung meiner Anschauungen mit denen Eduard v. Hartmanns hervor und die Bedeutung der Tatsache, daß ich ganz unabhängig von dem berühmten Philosophen zu

Digitized by Google

ähnlichen Ergebnissen des Denkens gelangt war. Heute bin ich in der Lage, auf ein geistvoll geschriebenes Buch eines ausländischen Naturforschers hinzuweisen, welches, soweit ich es bis jetzt kennen lernte, im wesentlichen zu den gleichen Ergebnissen gelangt ist, wie die Welt als Tat. Es ist das Werk des französischen Astronomen Camille Flammarion: Dieu dans la nature, das bereits in 24. Auflage mir vorliegt*). Ich bin erst vor kurzem auf die Existenz dieses Buches aufmerksam geworden und fand bislang nur die Zeit, von dem 570 Seiten starken Bande die ersten hundert Seiten zu lesen. Aber diese genügen, um mir zu zeigen, in welchem Maße Flammarion mit mir übereinstimmt in Bezug auf die Grundprobleme aller menschlichen Forschung und ihre Lösung. Es ist mir dies um so erfreulicher, als auch hier völlige Unabhängigkeit der Geistesarbeit zweier Naturforscher voneinander besteht. In solcher Übereinstimmung scheint mir der wichtigste Beleg für die Richtigkeit der Gedanken zu liegen. Ich benutze daher die Gelegenheit, die Leser der Welt als Tat einzuladen, das Buch des französischen Naturforschers mit dem meinigen zu vergleichen, um sich an der Harmonie beider Darstellungen zu freuen. Um eine Andeutung davon zu geben, erlaube ich mir, nachstehend ein paar Aussprüche Flammarions anzuführen.

Der Autor hält die Annahme für eine ganz willkürliche, daß es im Universum keine höhere Intelligenz gebe als die menschliche, und die Natur beweist ihm das Gegenteil. Denn auch der Naturforschung ist das fundamentalste aller Probleme gestellt: de savoir, si Dieu existe ou s'il n'existe pas. — Nous avons cherché Dieu. La nature expliquée par la

*) Nach Lorenz, „Catalogue général de la librairie française“ erschien die 1. Aufl. im Jahre 1867 bei Didier & Co., Paris. Auch deutsch von E. Prinzessin Schönaich-Carolath. Leipzig 1870, Weber; ferner in Bibliothek der Gesamtliteratur des In- und Auslandes, Nr. 1612—16, mit Genehmigung des Verf. übersetzt von Theod. Fr. Grigull. 1902. Halle, O. Hendel.

Digitized by Google

science nous l'a montré dans un charactère particulier. Il est là, visible comme la force intime de toute chose. — Nous restons fermement dans la sphère de l'observation et de l'expérience. Dans cette position, nous déclarons, que d'un coté la science ne s'occupe pas immédiatement du problème de Dieu, et que d'un autre coté, lorsqu'on en vient à appliquer à ce problème nos connaissances scientifiques actuelles, loin de tendre à la négative, elles affirment au contraire l'intelligence et la sagesse des lois qui régissent la nature. — Flammarions induktive Beweisführung gipfelt in dem scharfen Worte: A parler franchement, l'intelligence du créateur nous parait infiniment plus certaine et plus incontestable que celle des athées français et étrangers.

Wenn Flammarion seine Darlegungen als frei von jeder vorgefaßten Meinung, als rein wissenschaftliche bezeichnet, wobei er gegen den Kirchenglauben sogar Front macht, so tritt er mit um so größerem Schwergewicht in die Reihe jener Zeugen unter den Naturforschern von Anaxagoras und Aristoteles bis zur Gegenwart, die es nicht als Vorurteil, sondern als Ergebnis ihrer Untersuchungen hinstellen, daß das Studium der Natur mit Notwendigkeit zur Annahme einer Gottheit führt.

Kiel, 26. April 1903.

J. Reinke.

Digitized by Google

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Subjekt und Objekt der Naturforschung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kapitel 1.

Motive.

Ein Jahrhundert geht zur Rüste, welches man das naturwissenschaftliche genannt hat; denn die Naturforschung und der Kampf ums Dasein haben ihm den Stempel aufgedrückt. Der Elektromagnetismus, die Spektralanalyse und das Erhaltungsgesetz; die Struktur und Synthese der organischen Verbindungen; die Entdeckung des Zellkerns und seiner Mitose, des Protoplasma mit seinen chemischen und physiologischen Eigenschaften sind Beispiele jener Errungenschaften, die, zunächst in den Horizont der Wissenschaft fallend, dann weit in die Welt hinausstrahlten, um auch das Leben der Völker in ihren Anwendungen als Telegraph und Telephon, als chemische Industrie, als Ätiologie der Infektionskrankheiten mächtig zu beeinflussen.

Das Ende eines Jahrhunderts ist vergleichbar dem Gipfel eines Berges, den wir in harter Arbeit, in heißer Anstrengung erklommen. Oben ziemt es wohl, ein wenig zu rasten und Ausschau zu halten. Nicht nur zurückblickend können wir unseren Weg verfolgen, wie er in Zickzacklinien sich emporwindet: auch über weite Gefilde in duftige Fernen schweift das Auge, nach einer Seite nur eingeengt von den höheren Gipfeln der Kette, deren Ersteigung Aufgabe kommender Jahrhunderte ist. Was wir da sehen, nennen wir die Welt — nennen wir unsere Welt!

Bei solcher Ansicht aus der Vogelperspektive fließen die Einzelheiten mit zunehmender Entfernung in farbige Flecke zusammen, zuletzt in einen feinen Dunst. Pfeilerartig ragen gewisse Erscheinungen hervor, neben denen das andere um so

Digitized by Google

mehr zurücktritt. An manchen Stellen ballen sich auch Nebel zu Wolken und steigen in seltsamen Gebilden aufwärts, um teils wieder in nichts zu verfließen, teils in befruchtendem Regen sich über die Gefilde der Wissenschaft zu verbreiten und neue, verheißungsvolle Keime zu wecken.

Jene Wolken sind die aus den Erntefeldern der Forschung sich erhebenden allgemeinen Ideen. Man darf sie nicht mißachten, doch auch nicht überschätzen. Sie sind kein bloßer Dunst, aber das Ergebnis der Wissenschaft ist in ihnen nicht beschlossen.

Ich selbst habe ein Menschenalter lang auf jenen Feldern unter den Arbeitern in Reih und Glied gestanden. Von jeher haben neben den greifbaren Ergebnissen der Ernte auch jene Nebel, jene duftigen Gestaltungen der Phantasie mich lebhaft interessiert und mein Nachdenken erregt.

In dreißig Jahren reifen manche Gedanken. Mancherlei Gärung wird durchgemacht, der geklärte Most sondert sich vom trüben. Welche Erlebnisse umspannt nicht ein Zeitraum von drei Jahrzehnten!

Ich sah den Triumphzug des noch jugendmutigen Darwinismus, der da glaubte, die Welt erobert zu haben. In kühnem Anlauf suchten seine Jünger die alte Naturansicht zu stürzen. Aber das anfangs erschreckt zurückweichende Alte setzte sich zur Wehre, und an seinem zähen Widerstande erlahmte der Ansturm des Jungen mehr und mehr. Hier und da trat Friedensschluß ein zwischen der früheren und der neuen Weltansicht; an anderen Stellen wurde mit Erbitterung weiter gekämpft. Um die Wahrheit galt es, die Wahrheit, die nicht nur dem einzelnen, sondern die allen einleuchten soll. Und dabei bedachte man nicht, daß dies unmöglich ist, daß man niemanden überzeugen kann, der nicht überzeugt sein will.

Mancherlei Gestalten sind mir in jenem Zeitraume begegnet, zum Teil recht wunderliche. Ich fand Naturforscher, die da sagten: „Was kümmern uns die Prinzipien! Wir sind zufrieden, wenn wir hundert, zweihundert oder gar fünf-

Digitized by Google

hundert dünne Plättchen aus einem Pflanzenstengel mit dem Rasiermesser herausgeschnitten haben, jeden einzelnen Schnitt unter dem Mikroskop betrachtet und abgezeichnet haben. Dann wissen wir genau, wie es in dem Stengel aussieht, und das genügt uns vollständig." Ich beglückwünschte sie im stillen und beneidete fast ihre Zufriedenheit. — Ich sah fröhliche Theologen, welche riefen: „Wir brauchen euch nicht, ihr armen Naturforscher, ihr seid doch nur Holzhacker, und wenn ihr einmal Schlüsse ziehen wollt aus dem, was ihr herausgeklaubt, so taugen die alle nichts, und wir können nichts damit anfangen. Wir stehen auf eigenen Füßen und wissen, was Wahrheit ist, oder wir wissen sie doch allein zu finden." Und daneben regte sich ein atheistisches Pfaffentum, unduldsamer als jedes andere, das alle, die ihm nicht unbedingt folgten, für Schwachköpfe oder Heuchler erklärte. Ich traf auf Leute, die an alles glaubten, was sie wünschten, und die den Kopf in einen Busch steckten, wenn es ihnen nicht nach Wunsch erging. Nicht selten war die aus der menschlichen Eitelkeit erklärliche Meinung, daß der kleine Souverän dieser Welt über den höchsten Grad möglicher Intelligenz verfüge, und daß eine höhere Intelligenz als die seinige undenkbar sei. Am zahlreichsten waren die Banausen, die nicht aßen und tranken, um zu leben, sondern lebten, um zu essen und zu trinken. Jedes Nachdenken über den Zusammenhang der Dinge, jede Frage nach einer höheren Wahrheit schien ihnen töricht; sie fühlten sich behaglich, ja glücklich in ihrer Selbstzufriedenheit. An sie schlossen sich Leute, die alles wörtlich nahmen, was im Koran steht, und die Lehren dieses Buches nach Kräften zu befolgen suchten. Alle Wahrheit war ihnen vom Propheten diktiert, sie besaßen sie schwarz auf weiß, und ihre Befriedigung kannte keine Grenzen. —

Natürlich interessierten mich die Naturforscher am meisten. Viele unter ihnen liebten es, den Grundfragen selbst in den eigenen Gedanken aus dem Wege zu gehen. Schnitte, Reaktionen, Messungen bildeten ihre ausschließliche Sphäre.

Digitized by Google

Andere dagegen wurden von den Fragen am meisten gepackt, die sich auf den Zusammenhang der Dinge bezogen, auf das,

Was die Welt
Im innersten zusammenhält,

und sie waren der Meinung, daß dies noch etwas anderes sein müsse als die Gravitation oder die chemische Verwandtschaft. Manche sahen Gedanken in der Natur verkörpert, und diese Gedanken führten sie auf ein Jenseitiges, über die Natur Hinausgehendes, „Transzendentes". Dies gehörte nicht mehr zur Natur, aber die Natur zeigte darauf hin; was wiederum von leichtherzigen Gegnern bestritten wurde, denen es schlechterdings nicht in den Sinn wollte, daß es in der Welt etwas anderes geben könne, als was zu sehen und zu greifen ist. —

Ich fühlte mich mehr zu den Grüblern hingezogen. Im Studium der Schätze meiner Wissenschaft, im Lehren und besonders in der eigenen Erforschung von Einzelheiten fühlte ich stets den Drang, die Dinge zu verstehen bis in die Tiefe, in die kein Beobachten hineindringt, und die nur das Nachdenken erschließen kann. Dies Nachdenken führt uns in der leblosen Welt auf Gesetze, in der belebten auf Triebe und Ziele; im Menschen auf die Vernunft und den freien Willen. Wenn wir die Spinne weben sehen, so betätigt sie ihre Kunst aus einem Triebe, der ein Ziel verfolgt und für die Ernährung des Tieres zweckmäßig ist. Sie hat die Fertigkeit zu spinnen nicht erlernt, sondern ererbt, und betätigt sie unbewußt. Auf solch angeborenem, unbewußtem Triebe beruht auch die Entwicklung des Huhns aus dem Ei, des Apfelbaums aus dem Kern. Der Mensch hingegen, auch wenn er nur spinnt und webt, muß diese Kunstfertigkeit unter Aufbietung der Vernunft erlernen, und er hört auf, sie ausüben zu können, wenn seine Vernunft sich verwirrt. Auf dem Markte aber wird nur das gute Gewebe einen Preis erzielen, das schlechte ist unverkäuflich; so bedingt die Sorgfalt der Herstellung eine Auslese

Digitized by Google

unter den verschiedenen, miteinander konkurrierenden Kunstwerken der Menschen.

„Wir Menschen stehen vor dem Universum, wie die Ameise vor einem großen, majestätischen Palaste," sagt Schiller. Die Ameise kann aber nur mit Ameisenaugen sehen, und ob diese ausreichen, die ganze Pracht und Harmonie des Bauwerkes wie seine innere Gliederung zu erfassen? Ob Menschenaugen und Menschenverstand genügen, um das Weltall zu ergründen? Da hörte ich Autoritäten rufen: die Begreiflichkeit der Natur im Prinzip, d. h. die Begreiflichkeit für den Menschen, müssen wir zur Voraussetzung machen, sonst tun wir besser, die Naturforschung aufzugeben! — Ich stutzte. Doch die Berechtigung dieses Satzes erschien mir bald zweifelhaft. Er erschien mir als ein Dogma, ein Vorurteil. Konnte nicht ein Teil der Welt unbegreiflich sein, während für das Erkennen des anderen unser menschliches Ameisenauge hinreicht? Ich erinnerte mich eines Verses von Geibel:

Studiere nur und raste nie,
Du kommst nicht weit mit deinen Schlüssen:
Das ist das Ende der Philosophie,
Zu wissen, daß wir glauben müssen.

Dadurch stieß ich mit den Philosophen zusammen. Die Beschäftigung mit denselben ist mir meistens etwas unbehaglich gewesen, besonders wenn sie die Welt in den Menschenschädel einsperrten und dadurch so viele Welten erzeugten, als es Menschenschädel gibt, seit Anbeginn des Menschengeschlechtes gegeben hat. Mein Kopf mußte besonders unphilosophisch angelegt sein, denn wie ich es auch anstellen mochte, die Welt blieb doch draußen. Ich fand auch Philosophen, denen es nicht anders zu gehen schien als mir, wenigstens sagt Heraklit: „Die Wachenden haben nur eine und zwar eine gemeinsame Welt; im Schlaf aber kehrt jeder in seine eigene zurück."

Digitized by Google

Novalis nennt die Philosophie eine Art Heimweh, einen Trieb, überall zu Hause zu sein. Darum machte sie es sich auch auf dem Gebiete der Naturforschung bequem und nannte sich hier Naturphilosophie. Aber ihre Methode blieb geschieden von derjenigen der Naturforschung. Die Arbeitsmittel der letzteren sind Beobachten und Nachdenken. Der Naturphilosophie genügt das Nachdenken allein, sie hat Erstaunliches damit geleistet. Man braucht nur die Werke Hegels zu durchblättern, um sich hiervon zu überzeugen; und unsere Naturphilosophen fin de siècle machen es nicht viel anders. Nur verwechsle man mit diesen Leuten nicht diejenigen Philosophen, welche zugleich Naturforscher waren, oder Naturforscher, die sich Philosophen nannten. Auch heute sitzen die Naturforscher größtenteils in der philosophischen Fakultät, doch das ist nichts als eine veraltete Schablone. Darum rechne man es auch nicht gleich zur Philosophie, wenn ein Naturforscher, den Geboten der Denkgesetze folgend, von den speziellen zu allgemeineren und allgemeinsten Begriffen sich erhebt und einmal ein Bild aus der Vogelperspektive zu zeichnen versucht. Ebensowenig darf der Naturforscher darauf verzichten, die Leistungsfähigkeit und die Bedingungen seiner Arbeitsmittel, der Beobachtung sowohl wie des Nachdenkens, selbständig zu prüfen. Keineswegs soll geleugnet werden, daß hier Naturforschung und Philosophie mit etwas flüssigen Grenzen aneinanderstoßen, daß die eine in die andere Wissenschaft mitunter mehr oder weniger übergreift. Die Einteilung unseres geistigen Arbeitsfeldes in Wissenschaften ist auch nur eine Klassifikation wie jede andere, die wir zu unserer Bequemlichkeit vornehmen. — Um des Himmels willen aber glaube man nicht, daß ich etwa ein philosophisches Buch habe schreiben wollen!

Indessen bin ich stets der Meinung gewesen, daß wir Naturforscher nicht nur über unser Objekt, die Natur, sondern auch über das forschende Subjekt Klarheit zu gewinnen trachten müssen. Das ist noch lange nicht Philosophie, wenn wir

Digitized by Google

auch von der Philosophie manches lernen können, und die Werke der wahrhaft großen Philosophen Goldkörner bergen, die für den Fortschritt unserer Wissenschaft von hohem Werte sind. Da wir die Natur zu erkennen suchen, können wir die Erkenntnisprobleme unmöglich den Philosophen allein überlassen. Trachten auch wir von unserem Standpunkte aus nach einer abgerundeten Weltansicht, so werden wir die Grenzen solcher Weltansicht nach außen wie nach innen zu bestimmen haben, sei es auch nur mit den Mitteln des einfachen, philosophisch ungeschulten Menschenverstandes.

Ein solches Bestreben war auch das meinige. Nichts liegt mir ferner, als philosophieren zu wollen. Nicht einmal einen Dilettanten auf dem Gebiete der Philosophie darf ich mich nennen; dazu fehlt es mir an Belesenheit in der philosophischen Literatur. Ich habe mich ausschließlich um einige derjenigen philosophischen Autoren gekümmert, die mir einen erkennbaren, sei es berechtigten, sei es unberechtigten, Einfluß auf die Naturwissenschaften auszuüben schienen. Und da das Naturgeschehen Fragen nach seinen Gründen in uns anregt, habe ich mir nicht versagt, mich mit diesen Fragen zu beschäftigen; wer wollte es mir wehren? Geistige Zwangsjacken sind nicht zu ertragen. Ich bin auch der Meinung, daß der Naturforscher solchen Fragen gar nicht ausweichen *darf*, z. B. der Frage nach der Existenz einer Gottheit im Universum; denn von ihrer Entscheidung werden Umfang und Gestalt seiner Probleme wesentlich beeinflußt. —

Man sollte denken, daß die Naturforschung die objektivste aller Wissenschaften sei, und doch gibt es in ihr Parteien, wie in der Politik. Es gibt Majoritäten und Minoritäten; der einzelne ist stolz auf seinen Standpunkt und hält daran fest, wie Shylock an seinem Schein. Diese Standpunkte bekämpfen sich, wie die Redner in den Parlamenten, jeder hat recht, und keiner überzeugt den andern. Das wird sich wohl niemals ändern, weil es menschlich ist. Aber von der Parteileidenschaft sollten *wir* am wenigsten uns hinreißen lassen;

Digitized by Google

von der Parteiverblendung sollte der Naturforscher sich frei halten, auch dem Gegner die Anerkennung nie versagen. Vorurteile sollte er ausrotten. — Das ist leichter gepredigt, als getan, und es gibt leider noch manche unter uns, die für den abweichenden Standpunkt des anderen nur ein überlegenes Lächeln besitzen, das dann je nach der Stufe der Erziehung verbindlich oder wegwerfend zu sein pflegt. Achtung vor jeder ehrlichen Überzeugung ist unser allein würdig, und die Gegner sollten nur sachlich miteinander streiten. Dann allein ist auch ein Fortschritt im Erkennen, eine allgemeine Klärung der Ansichten zu erwarten. Die Polterer und Fanatiker aber kann man getrost sich selbst überlassen; ihnen gilt Shakespeares Wort:

> Wer allzu heftig rennt, geht überrennend
> Des Ziels verlustig. —

Doch ich bin abgeschweift von meiner Auseinandersetzung mit den Philosophen.

Ich habe den Eindruck gewonnen, daß wenige philosophische Bücher einen so nachhaltigen Einfluß auf die lebenden Biologen ausgeübt haben, wie die Geschichte des Materialismus von Friedrich Albert Lange. Bald wird Lange zitiert, bald findet man seine Spuren, ohne daß er genannt wäre. Dies zeigt sich besonders in der Auffassung der Teleologie oder Zweckmäßigkeitslehre, die einen Angelpunkt der biologischen Fragen bedeutet.

Mir ist diese Einwirkung des Langeschen Werkes verständlich. Es gibt eine klare und fesselnde, im großen und ganzen auch leidlich objektiv gehaltene Darstellung jener Geistesrichtung in allen ihren Phasen, deren Wirksamkeit nicht zum wenigsten durch die Frische des Vortrags und die lebendige Sprache bedingt wird. Nur dann und wann brechen Sympathien und Antipathien mit einer Leidenschaftlichkeit durch, wie sie dem Geschichtschreiber kaum ansteht. Die Farben seines Gemäldes erhalten noch einen besonderen Schimmer durch

Digitized by Google

die Beleuchtung von Langes eigenem, idealistischem Standpunkte aus.

Ich selbst habe Jahre hindurch etwas im Banne des Langeschen Buches gestanden. Bei wiederholtem Studium erkannte ich aber doch, daß Lange nur Wasser im Topfe habe. Ich denke hierbei an seine eigenen Ansichten, die mir bei genauerer Betrachtung wachsende Bedenken erregten. Wenn er (I. S. 3) sagt: „Die natürliche Auffassung der Dinge bleibt stets in den Widersprüchen des Dualismus befangen", während die philosophische Auffassung und das konsequente Denken dies nicht tun sollen, so erschien mir gerade der Langesche Dualismus besonders widerspruchsvoll. Er verkündet die Lehre, daß die Naturerscheinungen nur eine materialistische Deutung zulassen, während er unabhängig davon aus dem innern Bewußtsein heraus Göttertempel in den blauen Äther hineinbaut, um darin zu opfern. Also Natur und Götter, ist das kein Dualismus? Götter, die mit der Natur nichts zu schaffen haben — ist das kein Widerspruch? Dabei spottet er des armen Australnegers, der den devil devil im Fetisch fürchtet. Lange hat zwei Schubfächer im Arbeitstisch, ein materialistisches und ein idealistisch-„transzendentales"; den Inhalt beider hält er ängstlich gesondert. Hieraus entspringen beachtenswerte Konsequenzen. So unterscheidet er eine falsche und eine richtige Teleologie. Beispiel der falschen ist ihm die Teleologie des Aristoteles, die in der Welt ein herrschendes Prinzip findet, dessen Wirksamkeit nicht nur der Ordnung im Heere, sondern auch dem Feldherrn im Heere entspricht. Für richtig dagegen erklärt er die Teleologie Darwins, welche diejenige des Aristoteles auf den Kopf stellt, und die in dem schon von Empedokles angebahnten Selektionsprinzip ihren Ausdruck findet.

Stutzig gemacht wurde ich namentlich durch die Sicherheit, mit welcher Lange diesen Standpunkt einnimmt, trotzdem er selbst Darwins Grundprinzip soweit einschränkt*),

*) Geschichte des Materialismus. II. S. 240 ff.

Digitized by Google

daß demselben kein allzuweiter Spielraum mehr bleibt. Dies erschien mir als Widerspruch. Hören wir ihn selbst (l. c. II. S. 246):

„Es ist nun aber gar nicht mehr zu bezweifeln, daß die Natur in einer Weise fortschreitet, welche mit menschlicher Zweckmäßigkeit keine Ähnlichkeit hat; ja, daß ihr wesentlichstes Mittel ein solches ist, welches, mit dem Maßstabe menschlichen Verstandes gemessen, nur dem blindesten Zufall gleichgestellt werden kann. Über diesen Punkt ist kein zukünftiger Beweis mehr zu erwarten; die Tatsachen sprechen so deutlich und auf den verschiedensten Gebieten so einstimmig, daß keine Weltansicht mehr zulässig ist, welche diesen Tatsachen und ihrer notwendigen Deutung widerspricht."

So schrieb Lange zu einer Zeit, da die Allmacht des Selektionsprinzips bereits tief erschüttert war. Konnte diese Sicherheit der Meinung daher mehr als der Ausfluß eines Vorurteils sein? — des Vorurteils, beziehungsweise der willkürlichen Voraussetzung lediglich mechanischer Bedingungen des Weltgetriebes? Wie war ein solches Urteil mit den Opiumvisionen von Langes Idealwelt zusammen zu reimen?

In diesen meinen Zweifeln wurde ich wesentlich bestärkt durch ein merkwürdiges, im Jahre 1874 erschienenes Buch von Krönig. Die geringe Beachtung, welche dies Buch gefunden zu haben scheint, dürfte vorwiegend Äußerlichkeiten zuzuschreiben sein. Schon der Titel ist nicht gerade verlockend, er lautet vollständig: „Das Dasein Gottes und das Glück des Menschen, materialistisch-erfahrungsphilosophische Studien, insbesondere über die Gottesfrage und den Darwinismus, über den Selbstbeglückungstrieb als Fundament der Lebensweisheit und praktischen Moral und über die Hauptlehren Kants und Schopenhauers." — Dann enthält das Buch auf 460 Seiten nicht weniger als 178 Essays, großenteils in aphoristischer Form, deren Anordnung eine chronologische ist, sie folgen, wie sie im Laufe mehrerer Jahrzehnte aus der Feder des Verfassers hervorgegangen sind; daher sind sie inhaltlich großenteils bunt durcheinander gewürfelt.

Das Alles sind aber nur äußere Mängel. Mit immer

Digitized by Google

wachsendem Interesse vertiefte ich mich in die Lektüre des Werkes; nachdem es mich einmal gepackt, ließ es mich nicht wieder los. Klarheit der Darstellung, scharfe und geistvolle Gedanken, eine eigenartige Beleuchtung der aufgeworfenen Fragen wirken zusammen, um sein Studium ebenso belehrend wie anregend zu machen. Auch heute noch kann dies Studium nur auf das dringendste empfohlen werden.

Die Stärke des Buches beruht in der eindringenden Klarheit seiner Kritik. Wichtige allgemeine Probleme und Lehren der Wissenschaft unter das Seziermesser zu nehmen, war der Verfasser wohl legitimiert, weil er sich auf dem Felde der Naturforschung einen für alle Zeit geachteten Namen durch seine Untersuchungen zur Theorie der Gase erworben hat. Clausius*) zitiert ihn auf diesem Gebiete als seinen Vorgänger, mit dessen Ergebnissen er übereinstimmt. Wenn Krönig auf jenem von ihm so erfolgreich betretenen Gebiete wissenschaftlicher Forschung selbst nicht weiter vordrang, so hatte dies in äußeren, höchst beklagenswerten Umständen seinen Grund.

Krönig sagt selbst in dem angeführten Buche in aller Kürze, daß er seit dreizehn Jahren des Lesens und Schreibens unfähig, seit sieben Jahren auch gelähmt, der Augen beraubt und an ein verdunkeltes Zimmer gefesselt, habe arbeiten müssen. Und welche Geistesfrische atmet jeder seiner Gedanken, mag man ihm zustimmen oder nicht! Der gesunde Verstand des Kranken hatte unter den unerhörten Qualen gewiß nicht gelitten, die Kraft seines Geistes war ungebrochen geblieben. Selbst die Versuchung zum Pessimismus hat keine Macht über ihn gewonnen. Es ist die Stimme eines über alle Schicksalsschläge erhabenen Märtyrers, die aus seiner einsamen Zelle zu uns dringt, und die auch heute noch nicht ungehört verhallen darf.

Die Schicksale und das Unglück dieses bedeutenden, in

*) Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Braunschweig 1867. S. 230 ff.

Digitized by Google

seinen Bestrebungen und seinem der Nachwelt hinterlassenen geistigen Testament von den lautersten Motiven geleiteten Mannes hatten mein lebhaftes Interesse geweckt. Ich wandte mich an den Verleger seines Buches, Herrn Elwin Staude in Berlin, um näheres über den Lebensgang Krönigs zu erfahren. Herr Staude hatte die Liebenswürdigkeit, sich dieserhalb an den Sohn des Verstorbenen, Herrn Amtsgerichtsrat Krönig in Berlin, zu wenden und erhielt von diesem nachstehende Auskunft, die ich im Wortlaute folgen lasse:

„Ich kann Ihnen aus dem Leben meines Vaters nur sehr wenige Daten mitteilen. Derselbe ist am 20. September 1822 in Schildesche bei Bielefeld in Westfalen geboren als Sohn eines Pastors. Er hat zuerst Sanskrit, dann andere Materien, zuletzt Physik und Chemie studiert. Demnächst nahm er eine Lehrerstelle für Chemie an der Königlichen Realschule in Berlin an, mußte sie aber nach wenigen Jahren aufgeben, weil er erkrankte. Später hat er, völlig gelähmt, mit bedeckten Augen, etwa zwölf Jahre in einem dunklen Zimmer zugebracht und ist am 5. Juni 1879 verstorben."

Krönigs ganze Art zu argumentieren steht im schärfsten Gegensatz zu der oben angeführten Äußerung F. A. Langes. Auf nahezu allen Punkten gelangt sein Denken zu entgegengesetzten Ergebnissen. Er bestreitet, besonders auch auf Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung, daß durch „blinden Zufall" die Atome mit ihren eigenen Kräften selbst bei Annahme der längsten Zeiten sich zu lebenden Zellen zusammenfügen können. Er führt aus, daß, wenn die Wirkung der Selektion, wie Darwin sie sich vorstellte, zur Wahrheit geworden wäre, die Welt der Organismen nicht nur nicht fortschreiten konnte, sondern allmählich von ihrer Vollkommenheit einbüßen und schließlich in den Schoß der unorganischen Natur zurückkehren müßte. Ohne zweckmäßig wirkende Intelligenz hätten niemals Organismen entstehen können. Direkt gegen Lange gewendet (l. c. S. 281) bekämpft er mit Entschiedenheit dessen Auffassung der Teleologie mit, wie mir scheint, unwiderleglichen Gründen.

Doch ich kann hier nicht auf einzelne Kontroversen ein-

Digitized by Google

gehen, die den Gegenstand nachfolgender Kapitel zu bilden haben. Hier möchte ich nur mit Nachdruck auf Krönigs Buch hinweisen, um zum Lesen desselben aufzufordern, da meine eigenen Darlegungen sich keineswegs mit den seinigen decken, so mancherlei Anregung ich ihm auch verdanke. Ich zitiere ihn mehr im allgemeinen als im besonderen, weil ich, wie auf anderem Gebiete Clausius, in wesentlichen Stücken auf seinen Schultern stehe, in meiner Naturansicht nachhaltig durch ihn beeinflußt worden bin.

Die Wandlungen, welche in meinem Verhältnis zu Lange sich nach und nach vollzogen, lehrten mich, daß man vor den Philosophen auf der Hut sein müsse, daß man sich seiner Haut gegen sie zu wehren hat; darum darf man aber auch als Naturforscher in deren Rüstkammer nicht ganz unbewandert sein. Die Vorzüge einer „natürlichen Auffassung der Dinge" wurden mir indes immer klarer, und diese „natürliche Auffassung" lehrt, daß kein Schiff ohne Steuer geht. Wenn ich mich fragte: Ist es möglich, die Beschreibung einer Tanne ohne einen Aufwand von Intelligenz zu liefern? so lautete die Antwort bedingungslos: nein. Sofort argumentierte die natürliche Auffassung der Dinge: die Herstellung einer Tanne aus Luft, Wasser und Erde ist sicher schwieriger, als die Beschreibung dieses Baumes; folglich ist für erstere ein höherer Grad von Intelligenz erforderlich, als für letztere. Dann aber konnte diese höhere Intelligenz nicht in der Hirnschale des Menschen stecken, denn der Mensch vermag eine solche Aufgabe nicht zu lösen. Der alte Aristoteles mußte also doch wohl recht haben. Seitdem schienen mir intelligente Kräfte der Natur weder etwas Mystisches noch etwas Metaphysisches, sondern einfach etwas Wirkliches zu sein.

Die Wissenschaft ist ein Kampf um die Wahrheit. Für dies Ringen hat Cartesius den Grundsatz voraussetzungsloser Forschung aufgestellt. Gewiß ist dies das Ideal; doch wir sind alle Menschen; darum werden wir uns schon an einer möglichst vorurteilslosen Betrachtung der Dinge

Digitized by Google

genügen lassen müssen. Viele der sogenannten Erklärungen in der Naturwissenschaft laufen auf Hypothesen hinaus; unsere Aufgabe besteht aber darin, mit einem Minimum von Hypothesen auszukommen und ein Maximum von Wahrscheinlichkeit zu erstreben. Mit diesen drei Grundsätzen trat ich an die fundamentalen Probleme der Biologie: die Fragen nach der ersten Entstehung der Organismen und nach ihrer Zweckmäßigkeit heran, weil jede Weltanschauung sich mit diesen Fragen auseinander setzen muß. Krönig ist dabei in vieler Beziehung mein Mentor gewesen. In der später vorzutragenden Lehre von den Dominanten glaube ich dann einen sicheren Anhaltspunkt für meine Entscheidung gefunden zu haben.

Ich hätte meine Gedanken als mein Eigentum für mich behalten können. Doch ein großer Menschenkenner hat gesagt: „Wes das Herz voll ist, des geht der Mund über", und meinem Wesen ist dies Mitteilen sympathisch. Die Frucht kann am Stamme nicht immer hängen bleiben, sie fällt ab, wenn sie reif ist; dem einen wird sie vielleicht süß, dem anderen sauer, dem dritten aromatisch — einem vierten, der nur Paprika gelten läßt, fade schmecken. Darum habe ich gewagt, meine Weltansicht, das Ergebnis des Nachdenkens, der Zweifel und Kämpfe vieler Jahre, in der Arena der Öffentlichkeit zu entwickeln. Ich werbe nicht um Beifall. Es soll mich wenig kümmern, ob eine Majorität mir gegenüberstehen wird. Die Autorität der Majorität ist für mich von jeher eine geringe gewesen. Majoritäten sind ein brutales Mittel zu gewalttätiger Unterdrückung des Willens und Einflusses von Minderheiten, deren Überzeugung dadurch nicht geändert werden kann. Über den moralischen Wert der Majorität teile ich Goethes Auffassung, welcher sagt:

„Nichts ist widerwärtiger, als die Majorität: denn sie besteht aus wenigen kräftigen Vorgängern, aus Schelmen, die sich akkommodieren, aus Schwachen, die sich assimilieren, und der Masse, die nachtrollt, ohne nur im mindesten zu wissen, was sie will."

Digitized by Google

Sollte ich aber, was ich nicht glaube, mit meiner Stimme allein bleiben, so bin ich von der Richtigkeit des Kerns meiner Weltanschauung überzeugt genug, um mich zwar nicht wie Horaz zu trösten: „Populus me sibilat, at plaudo mihi ipse domi“ *), aber um doch geduldig die Entscheidung der Zukunft abzuwarten.

Schließlich bitte ich die Leser, es mir nicht zu verübeln, wenn ich in vorstehenden Zeilen ein mehr persönliches Verhältnis zu ihnen gesucht habe, als sonst wohl Autorenbrauch ist. Ich möchte nicht vom Katheder herab sprechen, sondern in einer behaglicheren Form mich mit ihnen unterhalten. Nur werde ich mich niemals in Abhängigkeit von „herrschenden“ Tagesmeinungen begeben und mich um niemandes Gunst bemühen, denn:

„Frei will ich sein im Denken und im Dichten.“

*) Das Volk zischt mich aus, dafür applaudiere ich mir selbst zu Hause.

Digitized by Google

Kapitel 2.

Dinge und Vorstellungen.

Vom offenen Fenster schweift der Blick über das Leben da draußen, das volle, pulsierende Leben der Natur, der Menschen. In grünem Sammet sproßt der junge Rasen, geschmückt mit Gruppen blauer und rosafarbener Hyazinthen. Blühendes Buschwerk von japanischem Pyrus und schneeweißen Magnolien, von gelben Forsythien und rötlichem Ribes leuchtet im Sonnengold. Das Laub der Bäume drängt unaufhaltsam durch die Schuppen der Winterknospen; einige haben ihren Blätterschmuck schon entfaltet, wie die Roßkastanien, und sie beginnen die Kandelaber ihrer Blütenstände aufzurichten.

Zwischen all dieser stummen, bewußtlosen Pracht tummeln sich Amseln und Stare, Buchfinken und Rotschwänzchen. Ihr lustiges Zwitschern preist das Glück des Frühlings, ihre hellen Augen blicken munter umher; sie freuen sich ihres Lebens. Auf der Straße jenseit des Gartens eilen geschäftige Männer, promenieren junge Mädchen in bunten, fröhlichen Kleidern; Lastwagen und Karossen biegen vorsichtig zur Seite vor dem an Eisenfäden heransausenden elektrischen Fuhrwerk. Der Hintergrund des Bildes aber wird eingenommen von der blauen Meerflut, der lachenden Fläche des Golfs; sie ist belebt von Ruder- und Segelbooten, von kleinen Dampfern und Barkassen, die den Verkehr unterhalten mit den in der Mitte des Fahrwassers ankernden Ungetümen, den schwimmenden gepanzerten Festungen. Eben hat solch ein Koloß sich von der Ankertonne gelöst; der Druck eines Fingers

Digitized by Google

auf einen Hebel genügte, die gewaltige Masse in Bewegung zu setzen; langsam dampft er zum Hafen hinaus. Da trifft mich ein Stoß, ein Luftdruck — ein heftiger Knall erschüttert mein Ohr, und von einem der Panzer steigt die weiße Rauchwolke des Signalschusses auf.

Allerlei Fragen gehen mir durch den Sinn. Ist das alles Natur, was ich sehe und höre? oder ist strenge zu unterscheiden zwischen den natürlichen Dingen und den Werken der Menschen? Daß man dies tun müsse, ist eine verbreitete Regel. Doch ist sie richtig oder auch nur befriedigend? Warum sollen nicht die Erzeugnisse, ja die Gedanken des Menschen ein Stück der Natur sein? Rechnen wir doch das Wespennest zur Natur, ja den Trieb, der das Tier zur Erbauung eines solchen Nestes gespornt hat. — Mancher wird geneigt sein, meine Frage zu den müßigen zu werfen; doch ohne Grund. Wenn diese Frage auch oft als bedeutungslos übersehen wird, so hoffe ich doch zeigen zu können, daß sie nicht unwichtig ist; ihre Vernachlässigung wurde zu einer Quelle von Fehlern für die Betrachtung der Natur.

Um so lebhafter hat ein anderes Problem die denkende Menschheit seit Jahrhunderten beschäftigt.

Es ist die große Frage des Zweifels: Ist alles das, was ich höre und sehe, Wirklichkeit, oder ist es ein Wahngebilde meines Hirns, meiner Phantasie? Ist die Erscheinungswelt meines Innern ein Abbild der Dinge, wie sie tatsächlich sind, oder sind beide Welten himmelweit voneinander verschieden, ja unvergleichbar? Geschehen die Dinge, wie sie uns erscheinen, oder geschehen sie anders? Geschehen sie so sehr anders, daß wir gar keinen Schluß aus den Erscheinungen auf die Dinge ziehen dürfen?

Während für den einfachen Menschenverstand die Richtigkeit und Treue unserer Vorstellungen, ihre Übereinstimmung mit den Dingen, Axiom ist, während die Naturforschung immer so gehandelt hat, als wären die Dinge durch die Sinnenwahrnehmung unserer Erkenntnis zugänglich, hat eine

Digitized by Google

philosophische Richtung erklärt, daß die Welt nur Erscheinung, nur Vorstellung sei, und daß wir von den „Dingen an sich“ nichts wissen könnten; sie ist noch weiter gegangen und hat von den „Dingen an sich“ durch Abstraktion „das Ding an sich“ abgeleitet; sie hat diesen Schatten dann personifiziert, hat ihn Wille genannt und zum Spielball willkürlicher Spekulationen gemacht.

Das Unsichtbare nur ist Wirklichkeit,
Und was das Auge sieht, ist alles Traum.
(Shakespeare.)

Also die leuchtende und tönende Welt um uns her soll nach jener Lehre nur in unserm Innern, als unsere Vorstellung existieren. Diese Vorstellung soll zwar erregt werden durch eine tatsächlich bestehende Außenwelt; allein diese wirkliche Außenwelt bleibt uns verborgen, wir wissen von ihr nicht das geringste Zuverlässige. Denn die Außenwelt verhält sich zur Sinneswahrnehmung wie eine Ursache zur Wirkung, und daß Ursache und Wirkung nicht gleich zu sein brauchen, ja, daß wir aus einer Wirkung nicht auf die Beschaffenheit der Ursache schließen dürfen, wird jedermann zugeben. Darum besteht die Tatsache zu recht, daß unsere Vorstellungen ursächlich durch die Dinge außer uns hervorgerufen werden, indem diese auf unsere Sinne einwirken. Die Vorstellungen sollen aber keinen Rückschluß auf jene äußeren Dinge zulassen, und dagegen ist Bedenken zu erheben.

Um die Einseitigkeit solcher Theorie bloßzulegen, muß man die darin enthaltenen berechtigten Elemente von den unberechtigten sondern.

Es ist physiologisch richtig, daß eine und dieselbe Ursache in unseren verschiedenen Sinnen ganz verschiedene Empfindungen bewirkt, die von der Natur der Sinnesorgane abhängen. Ein glühendes Eisen leuchtet für unser Auge, während es unserer Hand genähert ein Gefühl von Wärme hervorruft. Ein elektrischer Strom kann im Auge eine Licht-

Digitized by Google

empfindung, im Ohr eine Schallempfindung, auf der Zunge eine Geschmacksempfindung auslösen. Darum empfinden wir von der Körperwelt außer uns nur dasjenige, was sie in unseren Sinnesorganen erregt. Die Sinne geben uns unmittelbar nur Wirkungen der Dinge zu erkennen.

Das ist alles richtig. Es hängt unsere Vorstellung nicht nur vom vorgestellten Objekt, sondern auch vom vorstellenden Subjekt ab. Allein fehlerhaft ist es, wenn man diese an sich richtige Anschauung auf die Spitze treibt und die Konsequenz aus ihr zieht, daß die Welt nur unser Hirngespinst sei, und daß in den Vorstellungen sich die Natur der Dinge uns keineswegs offenbart; daß die „Welt für uns" von der „Welt an sich" absolut verschieden sei.

Zwar ist auch dagegen nichts einzuwenden, daß im Gehirn eines heute lebenden Naturforschers eine andere Vorstellung der Welt besteht als seiner Zeit im Gehirn des Aristoteles oder heute noch im Gehirn eines afrikanischen Wilden. Und doch ist die Welt seit Aristoteles die gleiche geblieben, sie ist auch die gleiche für den afrikanischen Busch wie für eine deutsche Universitätsstadt. Wiederum hängt hierbei die Vorstellung von der Beschaffenheit des vorstellenden Subjekts ab; aber nicht nur von seinen Empfindungen, sondern auch — und da berühre ich einen Fehler der bekämpften Ansicht — von der Art und Weise, wie das denkende Subjekt diese Empfindungen auffaßt, ordnet und miteinander verknüpft.

Wenn wir davon ausgehen, daß die Empfindungen Wirkungen sind, welche die Objekte auf unser Bewußtsein hervorgebracht haben, so können wir auch sagen, die Empfindungen sind Zeichen, durch welche die Dinge mit uns sprechen. In der Erregung vor Vorstellungen haben wir es also mit einer Zeichensprache zu tun, durch welche die Außenwelt zu uns redet, sich uns verständlich macht. Die Vorstellungen selbst sind Schlüsse, die wir aus unserer Sinneswahrnehmung auf die Außenwelt ziehen.

Digitized by Google

Nun braucht ein Zeichen allerdings keine Ähnlichkeit mit dem Gegenstand oder Vorgang zu haben, den es bezeichnen soll. Es kommt nur darauf an, daß es richtig verstanden und aufgefaßt wird, um zu einem treuen Interpreten zu werden; und daß wir die Worte richtig lesen, welche die Natur in ihrer, durch die Sinne uns vermittelten Sprache zu uns redet, dazu haben wir unsern Verstand. Seine Organisation ist der Entzifferung jener Zeichensprache angepaßt. Die allgemeine Fähigkeit zum richtigen Auffassen ist uns angeboren; die Betätigung dieser Fähigkeit im einzelnen müssen wir lernen.

Empfindung und Vorstellung sind voneinander verschiedene Begriffe. Empfindung ist die Wirkung, welche ein Objekt auf unser Bewußtsein hervorbringt; Vorstellung ist das Erzeugnis von Verstand und Bewußtsein aus den Empfindungen. Vorstellung ist das Bild, ist die Zeichnung einer Erscheinung in unserm Bewußtsein; die Empfindungen sind die Kreidestriche, welche diese Zeichnung hervorbringen.

Darum können wir auch sagen: Eine Vorstellung verhält sich zum Vorgestellten, wie eine Beschreibung zum Gegenstand. Die Empfindungen sind die Buchstaben, welche diese Beschreibung zusammensetzen, und die wir am zutreffendsten vielleicht mit den aus Punkten und Strichen kombinierten Schriftzeichen einer telegraphischen Depesche vergleichen dürfen. So wenig aber die Beschreibung nur aus der Summe ihrer Buchstaben besteht, die wir uns bunt durcheinander gerüttelt denken können, so wenig genügt die Summe der Empfindungen, welche ein Gegenstand in unseren Sinnen erregt, um eine Vorstellung zu erzeugen; dafür ist die ordnende Tätigkeit des Verstandes erforderlich. Diese hat es durch Übung dahin gebracht, daß sie sich mit erstaunlicher Schnelligkeit und ohne uns bewußt zu werden vollzieht, so daß sich z. B. die Vorstellung einer Treppe, unmittelbar nachdem wir sie erblickt haben, in unserem Bewußtsein projiziert, wie ein photographisches Bild auf einem Blatt Papier. Darum ist die

Digitized by Google

Vorstellung nicht nur eine beliebige Erscheinung, sondern auch ein Bild des Objekts, das diese Erscheinung durch Erregung von Empfindungen hervorruft. Ist dies Bild richtig oder falsch? Ist der Bericht, den Sinne und Verstand uns von den Dingen geben, lügenhaft oder nicht? Das ist die Frage.

Beschreibungen und Abbildungen eines Gegenstandes können mehr oder weniger richtig, sie können mit größeren oder geringeren Fehlern behaftet sein; ein guter Apparat liefert eine gute Photographie, ein schlechter Apparat eine viel weniger vollkommene. Darum können die Vorstellungen verschiedener Menschen, selbst wenn ihre Sinnesempfindungen gleich sind, unter einander mehr oder weniger ungleich sein. Es muß also die Möglichkeit eingeräumt werden, daß unsere Vorstellungen von den Dingen unvollkommen sind. Allein nur um den Grad dieser Unvollkommenheit kann es sich handeln; zu behaupten, unsere Vorstellungen gestatteten gar keinen Schluß auf die Dinge, oder gar sie seien völlig unrichtig, ist eine willkürliche Hypothese. Mit dem gleichen Recht könnten wir behaupten, unsere Vorstellungen wären absolut richtige Bilder des Geschehens.

Ich bin der Meinung, daß unser Verstand die ihm zugehenden Empfindungszeichen soweit richtig zu handhaben weiß, daß daraus ein annähernd zutreffendes Bild der Dinge und des Geschehens entsteht; ein Bild, dessen Richtigkeitsgrad hinreicht, um uns über die Außenwelt in genügender Weise zu unterrichten. Dafür, daß dem so sei, gibt es verschiedene Anzeichen.

Zunächst ist unleugbar, daß die Vorstellungen von den Dingen abhängig sind. Es ist zwischen beiden zum mindesten der Berührungspunkt vorhanden, daß bestimmte Vorstellungen, falls sie nicht Halluzinationen bleiben sollen, durch bestimmte Dinge veranlaßt werden müssen.

Sicher ist, daß die Sinne uns von den Dingen nur in ihrer Sprache berichten können, und daß diese Sprache der Sinne eine Übersetzung der Sprache der Dinge selbst ist,

Digitized by Google

einer Sprache, die in den Kräften besteht, mit denen die Dinge auf den Sinn wirken. Warum soll aber die Sprache der Sinne lügen?

Helmholtz*) definiert als Eigenschaft eines Dinges die Fähigkeit desselben, auf andere Dinge gewisse Wirkungen auszuüben; zu diesen Eigenschaften gehört also auch die Wirkung auf unsere Sinne, auf unser Empfinden. Wir erkennen also darin eine Eigenschaft des Dinges. Dann ist ferner hervorzuheben, daß nach weitverbreiteter Meinung unser Gehirn erst die Vorstellungen erzeugt. Da nun das Gehirn für die Vorstellungen zwar Außenwelt ist, für unser Bewußtsein aber Vorstellung, so kommen wir mit der Theorie in die Enge. Eine Vorstellung, die sich selbst gebildet hat! Sagen wir aber, nicht das Gehirn, sondern der Geist bildet die Vorstellungen, so ist der Geist doch auch Außenwelt und Vorstellung zugleich und verhält sich in dieser Beziehung ganz wie das Gehirn. Oder will man den Geist von „unserer" Außenwelt ausschließen, weil er sinnlich nicht wahrnehmbar ist? Das wäre Willkür. Wenn es uns an Sinnesorganen fehlt, den Geist wahrzunehmen, so können wir daraus so wenig seine Nichtexistenz folgern, wie ein Taubgeborener das Vorhandensein von Schall und Musik leugnen darf.

Auch die Farben sind Zeichen gewisser Eigenschaften der Dinge. Ihre Unterscheidung beruht auf Erfahrung. Sehe ich eine rote Kugel neben einer grünen liegen, so schließe ich aus der Verschiedenheit der Farbe auf eine Verschiedenheit der beiden Dinge. Hierbei ist es ganz gleichgültig, ob die Physiologie mich belehrt, daß die Farben erst in der Empfindung zu stande kommen, da die Physik beweist, daß bei normalem Auge aus grüner Farbe auf Strahlen einer bestimmten Schwingungszahl geschlossen werden darf, die der Körper aussendet.

Gewiß hängt die Beschaffenheit der Erscheinung von

*) Vorträge II, S. 55.

Digitized by Google

unsern Sinneswerkzeugen ab; aber aus dem Wechsel in den Erscheinungen müssen wir die Verschiedenheit der Dinge folgern, die sie erregen. Die Unterschiede in den Erscheinungen müssen den Unterschieden der Dinge parallel laufen. Und nun gehe ich einen Schritt weiter, indem ich frage: Warum soll die Natur den Menschen betrügen in seinen Empfindungen und Vorstellungen, warum soll sie ihm durch diese nicht einen Einblick eröffnen in die Eigenschaften der Dinge selbst — mag dieser Einblick immerhin subjektiv gefärbt sein wie eine Landschaft, die wir durch ein rotes Glas betrachten. Man kann von einem Gegenstande, z. B. von einer Rose, ein photographisches Bild entwerfen; daß dies Bild in unserm Gehirn dieselbe Vorstellung auslösen sollte, wie das Original, ist undenkbar, wenn nicht die Vorstellung ein hinreichend getreuer Dolmetscher der Wirklichkeit wäre.

Darum bin ich der Meinung: Unser Verstand und unsere Sinne sind einem Spiegel mit leidlich ebener Oberfläche zu vergleichen, während die bekämpfte philosophische Lehre behauptet, diese Oberfläche sei krumm und schief und gebe nicht die geringste Gewähr, ein treues Abbild der Wirklichkeit zu liefern.

Eine Stichprobe auf die Richtigkeit unserer Vorstellungen geben unsere Handlungen, die von diesen Vorstellungen abhängen. Denn nur dann, wenn unsere Vorstellungen richtige Bilder der Objekte sind, können wir unsere Handlungen so einrichten, daß dieselben den gewünschten Erfolg haben, wollten wir dies auch nur so ausdrücken: daß die erwarteten neuen Sinnesempfindungen eintreten. Aus der Richtigkeit unseres Handelns können wir auf die Richtigkeit der Vorstellungen schließen, welche Bedingungen dieses Handelns waren. Die Vorstellungen können aber nur richtig sein, wenn sie sich mit den Dingen in Übereinstimmung befinden. Andernfalls sind es Halluzinationen.

Wenn ein Uhrmacher nach einer Taschenuhr eine andere von genau der gleichen Struktur und Größe anfertigt, so

Digitized by Google

muß er zunächst eine richtige Vorstellung von der ersten Uhr gewonnen haben; dann erst gelingt es ihm, die zweite Uhr herzustellen. Weil aber die Erfahrung allgemein die Möglichkeit und Wirklichkeit der genauesten Nachahmung auch der kompliziertesten Gegenstände berichtet, so können die Vorstellungen des nachahmenden Menschen nicht unrichtig gewesen sein.

Ferner läßt sich mit Sicherheit feststellen, daß verschiedene Menschen gleiche und gleich richtige Vorstellungen von einem Dinge haben. Es ist nicht schwierig, zehn Knaben die richtige Anschauung eines gleichseitigen Dreiecks beizubringen, so daß jeder ein solches Dreieck richtig zu zeichnen vermag. Solche Übereinstimmung der Vorstellung teilen nicht nur verschiedene Menschen miteinander, sondern auch Tiere können sie besitzen. Wenn ein Mensch eine Treppe hinaufsteigen will, so führt er ganz bestimmte Muskelbewegungen aus; mit Hilfe ähnlicher Muskelkontraktionen sieht man ein Huhn eine Treppe mit niedrigen Stufen hinaufsteigen, während ein Hündchen sich gleichfalls richtig verhält, nur mehr Muskelbewegungen ausübt, was sich aus seiner Vierfüßigkeit ergibt.

Auch die Aussagen der verschiedenen Sinne können übereinstimmend lauten; die durch sie gewonnenen Vorstellungen decken einander. Es wäre zu wunderbar, wenn ganz verschiedene Sinnesempfindungen zu identischen, aber falschen Vorstellungen führen sollten. Vor mir stehen ein Würfel, ein Zylinder, eine Pyramide. Von allen drei Körpern läßt sich eine Vorstellung durch das Auge und durch Betasten gewinnen; beide Vorstellungen stimmen unter sich überein, kontrollieren einander. Die Wirkung dieser Dinge auf beide Sinne wird somit zu Merkmalen der Dinge selbst. Im Tastsinn und im Gesichtssinn haben wir nicht nur zwei verschiedene Zeichensprachen, durch welche die Dinge uns diese Merkmale erzählen, es sind auch die Aussagen zweier verschiedener Zeugen, die vollständig übereinstimmen.

Blicken wir in einen Spiegel, so ist das Spiegelbild, das

Digitized by Google

wir sehen, die Wirkung unseres Körpers. Wenn man aber daraus, daß Wirkungen ihren Ursachen nicht ähnlich zu sein brauchen, folgern wollte, das Spiegelbild sei unserm Körper unähnlich, so wäre dies ein Irrtum. In diesem Falle kann man sogar sagen: das Spiegelbild ist ein Produkt meines Körpers und des Glases. Obwohl letzteres also in diesem Urteil eine dem Empfindungsorgan analoge Stellung einnimmt, braucht es darum doch kein falsches Bild zu liefern.

Ähnlich dürfte es sich mit allen unseren Vorstellungen verhalten: sie sind nicht nur Wirkungen, sondern zugleich Abbilder der „Dinge an sich". Sie besitzen tatsächlich noch andere Merkmale als das Merkmal, die Wirkung einer Ursache zu sein, und diese Merkmale müssen mit den Eigenschaften der Dinge an sich übereinstimmen. Sprächen nicht die verschiedensten Anzeichen dafür, daß dem so ist, wir müßten fordern, daß auch für die Naturforschung die hinreichende Richtigkeit unserer Vorstellungen zum Axiom erhoben würde, wie sie für die Bedürfnisse des praktischen Lebens tatsächlich Axiom ist.

Darum ist es im allgemeinen gleichgültig, ob wir von Naturerscheinungen oder vom Geschehen in der Natur sprechen; die Erscheinung ist uns ein hinreichend getreuer Bericht über das Geschehen.

Das Wort „hinreichend" zeigt zur Genüge, daß eine absolute Genauigkeit der Vorstellungsbilder nicht besteht, aber auch nicht zu bestehen braucht. Die Genauigkeit dieser Bilder ist abhängig von der größeren oder geringeren Vollkommenheit unserer Sinne. Sie ist z. B. sehr viel unvollkommener bei einem blindgeborenen Taubstummen als bei einem gesunden Menschen. Wir können unsere Vorstellungen sogar künstlich vervollkommnen, indem wir die Sinneswahrnehmungen steigern. So würden wir von der feineren Struktur der Pflanzen und Tiere keine Vorstellung haben, wenn das Mikroskop nicht erfunden wäre; von den jenseits des mikroskopisch Erkennbaren gelegenen Strukturen haben wir daher auch keine Vorstellung,

Digitized by Google

sofern wir dieselbe nicht aus den sinnenfälligen Tatsachen mit Sicherheit zu erschließen vermögen.

Dinge, für die wir keinen Sinn haben, können uns verborgen bleiben. So fehlt uns z. B. für Elektrizität und Magnetismus ein besonderer Sinn, darum wäre denkbar, daß die Menschheit von ihnen nichts wüßte, wenn es keine Gewitter und kein Eisen gäbe. Von den Röntgenstrahlen haben wir tatsächlich lange nichts gewußt.

Somit steht die Richtigkeit unserer Vorstellungen im direkten Verhältnis zur Schärfe unserer Sinne. Wie würde die Welt uns erscheinen, wenn wir außer dem Tastsinn nur den Geruchssinn besäßen! Sofern aber gesunde Sinne und ein gesunder Verstand beisammen wohnen, dürften die mit Hilfe dieser Mittel zu gewinnenden Vorstellungen als mehr oder weniger vollkommene Bilder der Außenwelt angesehen werden, als eine Übersetzung der Sprache der Dinge in die Sprache unseres Empfindens und Vorstellens. —

Ich habe von vornherein zugegeben, daß in die Vorstellungsbilder normaler Menschen ein subjektiver Faktor sich mischt, der von den Eigenschaften des vorstellenden Subjektes abhängig ist. Wir können diesen Faktor X nennen und sagen, daß die Dinge, welche diese Vorstellungen erwecken, in ihrer Wirkung mit diesem Faktor X multipliziert werden. X muß entweder größer oder kleiner als eins sein. Allein mir scheinen die Tatsachen es wahrscheinlich zu machen, daß dies X dem Werte eins außerordentlich nahe kommt, so nahe, daß der entstehende Fehler zu vernachlässigen ist; wie wir bei einem gut geschliffenen Spiegel den Fehler vernachlässigen können, den der im Glase gegebene Multiplikator mit sich bringt. Will man auf diesen Fehler entscheidenden Wert legen, so kommt mir das vor, als wenn jemand ausgemessen hätte, die Entfernung zwischen A und B betrage zwölf Kilometer, während ein anderer ihn korrigiert, weil er auf Grund genauerer Messung gefunden hat, daß diese Entfernung zwölf Kilometer und zwei Millimeter ausmacht. Kann man doch

Digitized by Google

auch mit dem Zollstock und der Wasserwage in der Hand ziffermäßig beweisen, daß die Lehre von der Kugelgestalt der Erde falsch sei, weil man nur ebene Flächen findet; und doch ist solcher Beweis nur ein aus der Einseitigkeit der Betrachtung hervorgegangener Scheinbeweis oder vielmehr ein Irrtum.

Wenn die Dinge direkt oder indirekt auf unser Empfinden wirken, so sind sie darin schon räumlich, zeitlich und der Qualität nach beschränkt, und es liegen darin Kennzeichen, die ein unvollkommenes Erkennen gewährleisten. Wenn sich nun in unserer Vorstellung ein geordnetes Zusammenwirken der Erscheinungen offenbart, so muß auch dies seinen Grund in den Dingen selbst haben; es muß von außen stammen und von unserem Zutun unabhängig sein. Entspränge diese Ordnung in unserem Subjekt, wie könnten alle Menschen und selbst die höheren Tiere die gleiche Vorstellung davon haben? Es gibt Tausende von Arten der Diatomeen, mikroskopisch kleiner, einzelliger Pflänzchen, und jede derselben erscheint jedem Botaniker in den gleichen Eigenschaften. Diese Übereinstimmung der Erscheinungsbilder kann nur in den Eigenschaften der „Diatomeen an sich" ihren Grund haben. Ich halte in diesem wie in allen anderen Fällen die Übersetzung aus der Sprache der Dinge in die Sprache der Vorstellung, wie sie unser Nervenapparat besorgt, für eine treue, nicht trügerische. Überall sehen wir die Organe der Pflanzen und Tiere an ihre Lebensbedingungen, an die Außenwelt, richtig angepaßt, wie die Flossen an das Schwimmen, die Flügel an das Fliegen: warum sollten Gehirn und Geist davon eine Ausnahme machen? Warum soll gerade das Wahrnehmungsorgan der Natur unrichtig angepaßt sein?

Meine Auffassung gipfelt also darin, daß ich unsere Sinne für gute, nicht für schlechte Werkzeuge halte. Die gegenteilige Annahme wäre meiner Überzeugung nach eine Spitzfindigkeit, die auf Abwege führt. Die Möglichkeit einer Ähnlichkeit zwischen dem Ding und seiner Erscheinung

Digitized by Google

werden auch die Gegner zugeben; ich halte diese Ähnlichkeit für im höchsten Grade wahrscheinlich. Ein mathematischer Beweis für meine Überzeugung läßt sich allerdings nicht erbringen; sie beruht mehr auf einer intuitiven Induktion. Allein die Gegner vermögen einen mathematischen Beweis für ihre Auffassung ebensowenig beizubringen, ihrer Lehre fehlt jeder induktive Stützpunkt. Wollen sie behaupten, das oben erwähnte X sei von eins verschieden, so halte ich dies für eine willkürliche Annahme. Somit stehen sich bei vorurteilsloser Prüfung höchstens zwei Hypothesen einander gegenüber. Da aber die Lehre von der absoluten Verschiedenheit von Ding und Vorstellung oder, was auf das Gleiche hinausläuft, der absoluten Nichterkennbarkeit der Dinge, nach meinem Dafürhalten eine willkürliche ist, und jede „natürliche Auffassung" sich auf das heftigste dagegen sträubt, so glaube ich berechtigt zu sein, den Gegnern den Beweis für die Richtigkeit ihrer Hypothese zuzuschieben. So lange sie ihn nicht erbracht haben, werde ich bei meiner Überzeugung bleiben, daß der Mensch ohne Vorstellungen geboren wird, doch mit der Fähigkeit, Vorstellungen zu bilden, die hinreichend richtige Bilder der Dinge sind, und daß er die Bildung solcher richtigen Vorstellungen durch Erfahrung lernt.

Die bekämpfte Lehre der Philosophie würde Annahmen von beliebiger Absurdität Tür und Tor öffnen. Warum soll dann nicht das „Ding an sich", das in uns die Vorstellung des Philosophen Kant erweckt, ein bereits vor Jahrtausenden geschmolzener Salzkristall sein, das „Ding" der Vorstellung, die wir Schopenhauer nennen, ein Spatz, den erst die Zukunft ausbrüten wird, das „Ding", welches als Philosoph Berkeley in die Erscheinung getreten ist, ein irgendwo in einem Fixstern tanzendes Flämmchen? Höchstens könnte man solcher Willkür gegenüber einwenden, daß die Verschiedenheit zwischen den „Erscheinungen" und den ihnen zu Grunde liegenden „Dingen" noch viel größer sei, und daß jene Dinge überhaupt weder gedacht noch vorgestellt werden könnten, daß

Digitized by Google

Dinge und Erscheinungen ganz inkommensurabel sein sollen in Zeit und Raum, nach Form und Inhalt. Das wäre der Bankrott jeder Wissenschaft!

Ich bin der Meinung, daß man mit jenem Argument, welches auf nichts weiter hören will, als daß aus Wirkungen nicht auf die Beschaffenheit der Ursachen geschlossen werden könne, in der Erkenntnistheorie nur zu Ungereimtheiten kommt. Die formale Berechtigung der Lehre gebe ich zu, allein ich behaupte, daß man auf diesem Gebiet mit einer bloßen Formel nicht ausreicht. Läßt sich doch auch formal beweisen, daß Achilles nicht im stande ist, eine Schildkröte einzuholen; und dennoch zweifelt kein vernünftiger Mensch daran, daß er sie einholen wird.

Selbstverständlich bin ich weit entfernt, mich der Hoffnung hinzugeben, daß die Philosophie den Gründen, die ich für meine Überzeugung angeführt habe, auch nur das geringste Gewicht beilegen wird. Sie betrachtet ihre Lehre als eine gewaltige Errungenschaft, glaubt in ihr einen gordischen Knoten geschürzt zu haben, den niemand lösen kann. Nun wohl denn, so halte ich mich an das berühmte Vorbild der Geschichte und durchhaue diesen Knoten mit dem Schwerte des Glaubens, des Glaubens und der Überzeugung, daß unser Verstand ein der Wirklichkeit angepaßtes Werkzeug des Erkennens ist, und daß die Erscheinungen im großen und ganzen richtige Bilder der Wirklichkeit sind. Verhielte es sich anders; so hörte der Unterschied zwischen richtiger Wahrnehmung und Sinnestäuschung auf, der doch für den einfachen Menschenverstand ein recht erheblicher ist. Wir gelangten schließlich dahin, die ganze Sinnenwelt nur als Ausgeburt der Phantasie gelten zu lassen; sie wäre nur noch eine zusammenhängende, riesige Halluzination.

Nur dagegen möchte ich mich noch verwahren, daß man in diesem Glaubensbekenntnis etwa wittere, ich sei Anhänger der philosophischen Lehre einer „prästabilierten Harmonie", denn nichts liegt mir ferner; und die naturwissenschaftliche

Digitized by Google

Lehre von den Anpassungen hat mit jenem Philosophen nicht das Geringste zu schaffen. —

Ich komme somit zu dem Ergebnis, daß die Außenwelt für uns nicht unerkennbar und daher übersinnlich ist. Wir besitzen in der Organisation unseres Körpers die Werkzeuge, sie zu erkennen; darum ist die Welt nicht bloß unsere Vorstellung, sondern in der Mannigfaltigkeit der Bewegungen, die sie ausmachen, ein unserem Erkennen zugängliches, reales Objekt. Unser Verstand wird nicht bloß durch Hirngespinste erregt; unsere Sinne fälschen uns keineswegs die Natur; die Naturforschung besteht nicht in einer Analyse von Phantasmagorien; ihr Objekt ist die Natur selbst und nicht eine Schar psychologischer Prozesse. Das Bindeglied zwischen den Dingen als Erscheinung und den Dingen an sich ist die Anpassung unseres Erkenntnisorgans an die Wahrnehmung und richtige Auffassung dieser Dinge.

Bestünde eine unüberbrückbare Kluft zwischen der Welt „an sich" und der Welt „für uns", so hätte auch die Unterscheidung zwischen einer richtigen und einer falschen Beobachtung keinen Sinn, da alle Wahrnehmungen zu Sinnestäuschungen würden, die durch die Dinge an sich in uns hervorgerufen werden. Falsch ist auch die Behauptung, daß wir unser Inneres besser zu erkennen vermögen als die Dinge der Außenwelt. Denn jedem, der sich unbefangen Rechenschaft gibt über die Vorgänge im eigenen Innern, ist wohl bewußt, wie sehr er sich bei deren Betrachtung vor Täuschungen, Einbildungen und Autosuggestionen zu hüten hat.

Nach der bekämpften Lehre wäre die Welt nichts als ein millionenfaltiges Hirngespinst, das mit den Menschen entsteht, vergeht und sich fortpflanzt, und das sich vernichten ließe durch Ausrottung des Menschengeschlechts. Denn es ist eine ganz unzweifelhafte Konsequenz dieser famosen Doktrin, daß, wenn man auf einen Schlag alle Menschen und

Digitized by Google

Tiere zu töten vermöchte, durch diesen Schlag die gesamte Natur vernichtet wäre, weil es dann keine vorstellenden Gehirne mehr gäbe. Es würden weder die totgeschlagenen Menschen und Tiere noch die Pflanzen, die Gebirge, das Meer und die Fixsterne länger existieren; nur das mystische, unergründliche „Ding an sich" bliebe übrig. Und wie mit dem Tode des Menschen eine Welt erlischt, so bildet sich bei Entstehung des Menschen eine neue Welt; freilich noch nicht während der embryonalen Periode seines Daseins, denn hier fehlt noch Wahrnehmung und Bewußtsein, sondern erst nach der Geburt, wo die Welt als Produkt der Erfahrung sich langsam entwickelt.

Ich schließe mit einem Worte J. Herschels:

„So sehen wir uns denn an die Erfahrung als die mächtige und in der Tat einzige, letzte Quelle der Naturkenntnis verwiesen, worunter aber nicht die Erfahrung eines einzelnen Menschen oder einer Generation, sondern die angehäufte Erfahrung aller Menschen zu allen Zeiten, wie sie in Büchern zusammengetragen oder durch Tradition überliefert worden, zu verstehen ist."

Die Erfahrung aber wird durch Beobachten, durch richtiges Beobachten gewonnen, wobei wir aus unseren Vorstellungen Schlüsse ziehen auf das Geschehen, d. h. auf die Dinge und deren Veränderungen in der Außenwelt. Darum beschäftigt sich die Wissenschaft mit der Welt im Spiegel unserer Sinne und unseres Verstandes, der kein schlechter Spiegel sein kann.

Digitized by Google

Kapitel 3.

Zeit und Raum.

Alles Geschehen in der Natur beruht auf Bewegungen. Unter Bewegung verstehen wir die Veränderungen eines Körpers in Raum und Zeit.

Die Bewegungen der Dinge unterscheiden sich durch ihre Geschwindigkeit und ihre Richtung; erstere ist eine Funktion der Zeit, letztere eine Beziehung des Raumes.

Die Ereignisse geschehen entweder zugleich oder nacheinander; ist letzteres der Fall, so sind sie durch etwas getrennt, das die Sprache Zeit nennt. Gleichzeitig existierende Dinge befinden sich nicht an derselben Stelle, das wäre unmöglich; sie sind durch etwas getrennt, das wir Raum nennen.

Raum und Zeit bilden das Medium, in welchem die Dinge sich bewegen. Dadurch sind Raum und Zeit Bestandteile der Natur. Wir entbehren eines Sinnes für ihre unmittelbare Wahrnehmung, können aber ihre Größenverhältnisse durch Messung feststellen.

Die Zeit ist ein Artbegriff, zu dem der Gattungsbegriff fehlt, weil es nichts gibt, was der Zeit ähnlich oder verwandt wäre; daher fehlt es an Merkmalen, um die Zeit mit etwas anderem zu vergleichen. Die Zeit als Medium des Geschehens läßt sich nicht definieren, sondern nur erleben. Ganz ähnlich steht es um den Raum; auch er ist ein Einzelwesen, das man nicht erklären, sondern nur durchmessen kann. —

Nun sind in Bezug auf Zeit und Raum einige Philosophen zu Anschauungen gelangt, an denen der Naturforscher

Digitized by Google

nicht vorübergehen kann, ohne zum Widerspruch herausgefordert zu werden.

Nach dieser Lehre sind Zeit und Raum nur die Formen, unter denen unser Verstand die Dinge anzuschauen gezwungen ist, während Zeit und Raum außer uns nicht existieren, den Dingen an sich nicht zukommen. Alle räumlichen und zeitlichen Beziehungen sind eine lediglich von uns ausgehende, subjektive Anschauung; wenn wir sie den Dingen außer uns beilegen, so übertragen wir sie aus unserm Geiste auf die Natur. Es sind ein paar farbige Brillengläser, durch die wir die Welt betrachten, so daß sie uns in Farben getaucht erscheint, die ihr gar nicht eigen sind. Wie das Bild der Zauberlaterne, das eine Wandfläche überzieht, doch nur eine Projektion des wahren, im Innern der Laterne steckenden Bildes ist und verschwindet, sobald man dieses hinwegnimmt; so würden auch Raum und Zeit aufhören zu existieren, sobald man alle Menschen und alle Tiere vernichtete; denn daß auch den letzteren Raum- und Zeitempfindung zukommt, wird niemand bestreiten können. Raum und Zeit sind also Vorurteile, mit denen wir an die Natur herantreten. Damit wird auch die Geschwindigkeit zur Einbildung, und Bewegung der Materie gibt es tatsächlich nicht; unser Geist dichtet sie in die Welt hinein, weil er muß, weil er nicht anders vorstellen kann, weil sein Vorstellungsvermögen den Dingen an sich nicht entspricht. Mit der Wirklichkeit von Raum und Zeit fällt auch die Wirklichkeit der Bewegung.

Unter den Hirngespinsten der Vorstellungen bilden aber Zeit und Raum eine ganz besondere Gattung nach dieser Doktrin. Während die übrigen Vorstellungen doch durch Ursachen bewirkt, durch die Dinge an sich erregt werden, sind Zeit und Raum ursachlose Vorstellungen oder, wie es in der Philosophensprache heißt, Vorstellungen a priori. Es soll nicht einmal einen Raum an sich und eine Zeit an sich geben, die, von Raum und Zeit unserer Vorstellung

Digitized by Google

verschieden, doch die letzteren hervorrufen. Es entsprechen dem Raum und der Zeit unseres Innern keineswegs Dinge an sich in der Außenwelt.

Ich habe diese „metaphysische" Lehre von Zeit und Raum in ein Licht gerückt, welches ihre Absurdität und Unannehmbarkeit für die Naturforschung deutlich hervortreten läßt. Es entspricht aber der Billigkeit, davon Kenntnis zu nehmen, aus welchen Beweggründen man zu dieser Lehre einer extremen Subjektivität gelangt ist.

Man argumentiert so: Weil wir alles wegdenken können, nur Zeit und Raum nicht, darum gehören diese lediglich dem menschlichen Verstande an und bestehen nicht unabhängig von demselben.

Ich muß gestehen, daß mir dies Argument in logischer Beziehung ein weit größerer salto mortale zu sein scheint, als das berühmte cogito ergo sum des Cartesius. Zunächst müßte doch erwiesen werden, daß alles, was ich nicht wegdenken kann, lediglich meinem Verstande angehören kann, nicht aber zugleich auch der Außenwelt. Dieser Nachweis wird aber vermißt. Umgekehrt wird doch auch nicht behauptet, daß alles, was ich wegdenken kann, objektive Wirklichkeit habe. Mir scheint es viel näher zu liegen, daß die Raum- und Zeitvorstellung, durch die Außenwelt in unserm Verstande erzeugt, sich von frühester Jugend auf in demselben so unausrottbar festgesogen hat, daß wir uns zwingen können, alles andere wegzudenken, nur diese beiden Vorstellungen nicht; so daß sie tatsächlich sich wie Funktionen unseres Verstandes verhalten. Damit würden unsere Zeit- und Raumvorstellungen ebenso wie alle übrigen nicht aus dem Zusammenhang der Kausalität heraustreten *).

*) Was übrigens das Wegdenken anlangt, so kann ich mir auch den Äther und die Energie nicht wegdenken; während in jeder Vorstellung eines Punktes Raum und Zeit doch hinweggedacht wird, sofern man die Ausdehnung hinwegdenkt. Ausdehnung ist aber ein allgemeinerer, auch Raum und Zeit umfassender Begriff.

Digitized by Google

Allein wenn wir einmal die mir unbewiesen erscheinende Voraussetzung machen, die Vorstellung von Raum und von Zeit wären wirklich Vorstellungen a priori unseres Verstandes, so kann daraus unmöglich gefolgert werden, daß Raum und Zeit nicht auch außerhalb unseres Verstandes existieren. Dann könnte man auch schließen: weil in Europa Menschen wohnen, so kann es außerhalb Europas keine Menschen geben. Oder: die Zartheit und Ausbreitung der Blätter eines Baumes ist notwendig, um sie mit möglichst vielen Luftteilchen in Berührung zu bringen — folglich kommt sie nicht in Betracht, um möglichst viele Lichtstrahlen aufzufangen. Das wäre grundverkehrt! Darum bin ich der Meinung, daß Raum und Zeit auch der Welt außer uns zukommen, daß sie existieren würden, wenn es keine mit Nerven ausgerüstete Wesen gäbe. Diese Anschauung wird nicht dadurch widerlegt, daß unser Verstand das vorzüglichste Organ für Raum- und Zeitanschauung ist, daß er diese Anschauungen vielleicht vor aller Erfahrung besitzt, wie wir auch die Zähne vor dem Beißen, das Auge vor dem Sehen, den Magen vor dem Verdauen, das Hirn vor dem Denken besitzen.

Ich halte es aber für das Wahrscheinlichere, daß unser Verstand die Merkmale von Raum und Zeit der Natur entlehnt hat, selbst wenn im Laufe der Zeit jene Vorstellungen erblich geworden sein sollten. Das wäre sogar möglich, wenn man ernstlich von einem Hineintragen von Raum und Zeit in die Natur sprechen wollte. Auch das Linnésche Pflanzensystem kann man in gewissem Sinne eine Anschauung a priori nennen, welche der große Botaniker in die Natur hineintrug, obgleich er die Merkmale der Natur entlehnt hatte. Auch die Begriffe von Farbe und Ton tragen wir in die Welt hinein, und doch entspricht ihnen ein objektives Etwas, dem unsere Sinne vermöge ihrer eigenartigen Organisation nur die Deutung als Ton und als Farbe geben.

Ich möchte glauben, daß die meines Dafürhaltens irrige

Digitized by Google

Deutung von Raum und Zeit durch die Philosophen teilweise wenigstens dem wenig glücklichen Worte „Wegdenken" zuzuschreiben ist. Tatsächlich handelt es sich hierbei um die logische Operation der Abstraktion, des Abziehens von Merkmalen. Wir gewinnen den Begriff des Raumes und der Zeit durch Abstraktion von den einzelnen Raum- und Zeitgrößen, wie wir jeden allgemeinen Begriff durch Abziehen spezieller Merkmale gewinnen. Unsere Abstraktion braucht aber bei den Begriffen Raum und Zeit noch nicht stehen zu bleiben; auch diese können wir sehr wohl „wegdenken", d. h. wir können ihre Sondermerkmale abziehen; dann verschmelzen beide allgemeine Begriffe in den einen allgemeinsten des Stetig-Ausgedehnten. Dieser Begriff des Stetig-Ausgedehnten übergipfelt noch die Begriffe von Raum und Zeit; sein praktischer Wert ist aber höchst gering wegen seiner auf ein Minimum reduzierten Merkmale. Denkt man endlich auch die Ausdehnung hinweg, so bleibt der Punkt übrig.

Der Gegensatz der Meinungen dürfte sich einigermaßen klären und lösen, wenn wir uns dahin einigen, daß der menschliche Verstand unzweifelhaft der Raumanschauung und der Zeitanschauung *angepaßt* ist. Wie die Uhr ein zur Messung der Zeit, der Meterstab ein zur Messung des Raumes geeignetes Werkzeug sind, so ist die Organisation unseres Verstandes befähigt, Raum- und Zeitbegriffe richtig aufzufassen und ordnungsmäßig zu verknüpfen. Dabei ist unser Denkvermögen einem Raume von drei, einer Zeit von einer Dimension angepaßt, wie der Sehnerv der Wahrnehmung von Lichtschwingungen, der Hörnerv der Wahrnehmung von Schallwellen; wie die Flossen des Fisches der Bewegung im Wasser, die Flügel des Vogels der Bewegung in der Luft. Somit kann die *Fähigkeit* der Raum- und Zeitanschauung als etwas dem menschlichen Verstande a priori Gegebenes angesehen werden, nun und nimmermehr aber Raum und Zeit, oder auch nur die einzelne Raum- und Zeitvorstellung, da diese a posteriori durch Lernen und

Digitized by Google

Übung zu stande kommt. Wie die Beschaffenheit unseres Magens es bedingt, daß wir richtig verdauen, so ermöglicht die Beschaffenheit unseres Hirns richtige Raum- und Zeitvorstellungen; beides sind Anpassungen unserer Organisation an die Natur, aus welcher so wenig die Subjektivität des Verdauungsprozesses wie die Subjektivität von Raum und Zeit gefolgert werden darf.

Wenn nun aber gar behauptet wird, Raum und Zeit könnten darum nicht a posteriori erkannt werden, überhaupt nicht Gegenstand des Erkennens sein, weil sie Bedingungen des Erkennens sind, so frage ich einfach: ist nicht jeder Vater Bedingung des Daseins und damit auch des Erkenntnis-Vermögens seines Sohnes? Ist es dadurch aber dem Sohne unmöglich gemacht, seinen Vater zu erkennen?

Nach der „metaphysischen" Auffassung von Raum und Zeit wäre unser Leben ein Punkt ohne Ausdehnung, da die Zeit nur subjektive Anschauungsform sein soll. Dem kann aber nicht sein, das muß unrichtig sein, weil unser Leben Anfang und Ende besitzt, ein Punkt aber nicht Anfang und Ende haben kann.

Übrigens ist unser Vorstellungsvermögen für Raum und Zeit ein höchst unvollkommenes und beschränktes. Nur Räume und Zeiten, die unserer täglichen Erfahrung entsprechen, können wir uns vorstellen. Wir haben nur eine Anschauung von Zeiten und Räumen mittlerer Größe. Einen Würfel von der Seitenlänge eines Meters oder eines Millimeters kann ich mir vorstellen; schwieriger ist schon die Vorstellung eines Würfels von einem Kilometer Seite. Jede Anschauung und Vorstellung fehlt mir aber von Würfeln, die mein Verstand sich über einer Linie von der Länge eines Milliontel Millimeters oder einer Million Kilometer errichtet denkt; und ebenso versagt die Vorstellung für Zeitgrößen von einem Milliontel Sekunde oder einer Million Jahrtausende. Von allen solchen Größen bilden aber Raum und Zeit nur die allgemeinen Begriffe, welche der

Digitized by Google

Verstand durch Abstraktion gewinnt. Insofern, als alle allgemeinen Begriffe Verstandes-Konstruktionen sind und in der Wirklichkeit nicht existieren, aber auch nur in diesem Sinne will ich Raum und Zeit als Anschauungsformen unseres Verstandes gelten lassen. Unser Sprachgebrauch überträgt solche allgemeinen Begriffe, wie Fluß, Gebirge, Tier und Pflanze, auch in die Natur, und in diesem Sinne braucht dem Hineintragen von Raum und Zeit nicht widersprochen zu werden.

Als ein Spezialfall der verschiedenen Raum- und Zeitgrößen ist auch der unendliche Raum und die in Vergangenheit und Zukunft unbegrenzte Zeit anzusehen. Beiden gegenüber versagt unsere Vorstellung völlig; nur durch Schlüsse vermögen wir aus vorstellbaren und anschaulichen Raum- und Zeitgrößen zum unendlichen Raum und zur unendlichen Zeit zu gelangen. Diese sind gewiß keine Verstandesanschauungen a priori, denn für sie fehlt uns jede Anschauung.

Im Hinblick auf alles dies ist es mir unbegreiflich, daß man Raum und Zeit für nur subjektive Werte erklären kann. Wenn die Dinge nicht wirklich in Raum und Zeit existierten, so könnte die Naturforschung ihre Arbeiten einstellen. Wie wäre eine Bewegung möglich ohne Zeit und Raum? Im Wesen der Welt liegt es begründet, daß sie eine räumliche ist, sie müßte sonst ohne Ausdehnung sein. Alles Geschehen kann sich nur in der Zeit vollziehen; gäbe es keine Zeit, so müßten Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in einen Punkt zusammenschnurren. Gäbe es keinen objektiven Raum, so würde uns ein Weg von 12 Meilen nicht mehr ermüden, als ein Weg von einer Meile. Gäbe es keine objektive Zeit, so müßte es uns heute möglich sein, mit dem Könige Saul zu sprechen oder Erfindungen des dreißigsten Jahrhunderts zu betrachten.

Ich gebe zu, daß von allen Vorstellungen die Anschauung von Raum und Zeit in unserem Verstande am festesten haftet. Sie sind uns so in „Fleisch und Blut" über-

Digitized by Google

gegangen, daß wir stets in ihnen denken. Dadurch wird aber nichts darüber entschieden, ob wir diese Anschauung nicht in frühester Kindheit erworben haben; oder ob sie von unseren Vorfahren erworben und auf uns vererbt wurde. Denn erworbene Fertigkeiten können sich bei anhaltender Übung so sehr in unserem Nervensystem befestigen, daß wir sie instinktiv und unwillkürlich handhaben. So steht es meines Erachtens auch mit Raum und Zeit, deren Vorstellung auf Erfahrung beruht.

Ich möchte glauben, daß Zeit und Raum darum so viel Kopfzerbrechen und so absurde Theorien verursacht haben, weil es in der Natur nichts ihnen Ähnliches, Analoges, Vergleichbares gibt. Dadurch wird, wie bereits hervorgehoben, eine Definition außerordentlich erschwert, ja unmöglich gemacht. Das gilt schon von manchen Gegenständen, die sich leicht mit anderen vergleichen lassen, wieviel mehr nicht von Raum und Zeit. Hier ist die Gefahr groß, daß die Schulweisheit sich in den Schlingen und Fußangeln der Sophistik verstrickt, während der einfache Verstand über dieselben hinwegschreitet.

Namen und Worte sind ja Symbole, die einen Begriff bald mehr, bald weniger vollkommen ausdrücken; den Begriff aber fassen wir durch die Anschauung oder durch eine Definition. Wenn wir mit der Anschauung auskommen und der Definition nicht bedürfen, so scheint mir dies ein Gewinn zu sein; denn jede Definition hat nicht geringe technische Schwierigkeiten zu überwinden. So dürfte jeder Leser dieser Blätter eine gute Anschauung von einer Fliege und von einem Birnbaum besitzen; eine wissenschaftlich genügende Definition dieser beiden Begriffe zu geben ist aber eine keineswegs einfache Aufgabe; auch würden beide Definitionen ziemlich unbeholfene Sätze werden. Darum lasse man es bei der Anschauung bewenden, wenn sie ausreicht, und verzichte auf Definitionen. „Es ist nicht zu leugnen," sagt Schiller, „daß die Empfindung der meisten Menschen rich-

Digitized by Google

tiger ist als ihr Nachdenken. Erst mit dem Überlegen fängt der Irrtum an". — Was Raum und Zeit sind, wissen wir alle, soweit es für den täglichen Gebrauch, auch in der Naturwissenschaft, darauf ankommt; in ihrer Definition aber gehen die Meinungen weit auseinander. Ich möchte glauben, daß sie darum überhaupt nicht definierbar sind, weil sie nicht auf andere, verwandte Begriffe zurückgeführt werden können.

Wie Raum und Zeit ohne Analoga in der Natur dastehen, so sind sie auch untereinander nicht analog.

Die Zeit hat nur eine Dimension, der Raum ist dreidimensional; darum besitzt die Zeit nur Größe, der Raum kann auch Gestalt annehmen. Es gibt kuglige, zylindrische, prismatische Raumformen, während die Zeit formlos ist. Dieser Unterschied liegt im Wesen der beiden Dinge, er ist objektiv, nicht bloß subjektiv begründet. Man versuche es einmal, sich einen Geist zu denken, der eindimensionale Raumanschauung und dreidimensionale Zeitanschauung besitzt; es wird nicht gelingen.

Schon der mathematische Raum ist nach meiner Überzeugung etwas Wirkliches. Der Mathematiker legt mit Recht dem Raum nur diejenigen Merkmale bei, die für seine Wissenschaft in Betracht kommen. Es scheint mir aber fraglich, ob damit die Eigenschaften des Raumes erschöpft sind, ob wir nicht berechtigt sind, neben dem mathematischen auch einen physikalischen Raum anzuerkennen, der mit Ausdehnung und Stetigkeit noch andere Eigenschaften vereinigt.

Ich erinnere daran, daß man Wellenbewegung in einem wägbaren und in einem unwägbaren Medium unterscheidet. Zu ersterer gehören die Wellen in Flüssigkeiten und die Schallwellen; auf letzterer beruht die Fortpflanzung des Lichtes, der strahlenden Wärme, der Elektrizität, vielleicht auch der Schwerkraft. Als Träger der Lichtschwingungen hat man ein feines, unwägbares Medium angenommen, das jedenfalls auch Träger der elektrischen Wellen ist, den Äther. Diesen Äther muß man sich stetig durch den ganzen Welt-

Digitized by Google

raum verbreitet vorstellen. Weder die unendliche Ferne noch das kleinste Raumelement können wir uns ätherlos denken. Der Physiker vermag alles wegzudenken, nur den Äther nicht. In dieser Hinsicht verhält sich der Äther ebenso wie der Raum.

Da nun Raum und Äther überall untrennbar zusammenfallen, ein ätherloser Raum so wenig vorstellbar ist wie ein raumloser Äther, so wird die Frage nahegelegt, ob wir nicht mit dem Begriffe Äther, den die Naturwissenschaft stets nur als einen Lückenbüßer angesehen hat, bloß eine Eigenschaft des Raumes bezeichnen, nämlich die Eigenschaft, Energie in der Form einer Wellenbewegung fortleiten zu können. Ich möchte glauben, daß dieser Auffassung nur die übliche mathematische Definition des Raumes im Wege steht. Im Wesen der Mathematik aber liegt es, von Inhalt und Beschaffenheit der Körper zu abstrahieren; warum sollte daher der mathematische Raum nicht auch eine Abstraktion vom wirklichen, dem physikalischen Raume, sein?

Diese neue Raumauffassung würde erfordern, daß wir dem Raume Elastizität und Masse, wenn auch in etwas anderem Sinne, wie die Masse wägbarer Körper, beilegen. Die volle, objektive Realität des Raumes würde dann allerdings um so schärfer hervortreten. Wie wir vom physikalischen Körper zum mathematischen gelangen und umgekehrt, d. h. durch Abziehen oder Beilegen von Masse, so würde auch von einem physikalischen Raum neben dem mathematischen gesprochen werden dürfen.

Digitized by Google

Kapitel 4.

Erkennen. Begreifen. Erklären.

Des Naturforschers Aufgabe besteht darin, die Naturerscheinungen, soweit es möglich ist, zu begreifen und zu erklären. Dem Begreifen muß das Erkennen vorausgehen.

Zwei Wege führen zur Naturerkenntnis: die Beobachtung und das Nachdenken. Beide sind nicht voneinander zu trennen; der eine darf nicht neben dem anderen vernachlässigt werden. Das Begehen beider erfordert eine Technik, die gelernt und richtig gehandhabt sein will, um uns brauchbare Erfahrungen zu sichern: denn Erfahrung ist eine vom Nachdenken durchgeistigte und durch Kritik gereinigte Beobachtung.

Es hat Zeiten und wissenschaftliche Richtungen gegeben, in denen man alle Probleme glaubte durch Nachdenken lösen zu können; ein abschreckendes Beispiel des Irregehens solcher Einseitigkeit ist die Naturphilosophie der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts. Andererseits ist bloße Beobachtung noch keine Wissenschaft, wenn sie auf die Verknüpfung des Gefundenen durch die Denktätigkeit des Verstandes verzichtet. Denn wir dürfen nicht prätendieren, alle Eigenschaften der Dinge durch Beobachtung finden zu können; doch müssen wir stets von der Beobachtung als der Grundlage für unser Urteil und unsere Schlüsse ausgehen.

Das Erkennen besteht darin, daß wir die Gegenstände der Erfahrung auf einen, in unserer Vorstellung vorhandenen Maßstab zurückführen, oder daß wir in einem Unbekannten Analogien nachweisen zu etwas Bekanntem. Erkennen ist

Digitized by Google

also ein Vergleichen, ein Vergleichen des Unbekannten mit dem Bekannten. Da aber für verschiedene Menschen bald dies, bald jenes unbekannt ist, so kann die Richtung des Erkenntnisprozesses eine sehr wechselnde sein. In der Wissenschaft gibt es indessen einen festen Grundstock des Bekannten, an den im weiteren Fortschritt geistiger Arbeit das neu Erkannte sich angliedert.

Unser Erkennen ist ein begrenztes. Zunächst werden ihm Schranken gezogen durch unsere Sinne. Ein gesunder Mensch kann mehr erkennen, als ein Blinder oder Tauber. Wäre die Erfindung des Mikroskops nicht gemacht, die eine gewaltige Schärfung unserer Augen bedeutet, es wäre eine ganze Welt von Tatsachen uns verborgen geblieben. Aber auch heute entziehen sich alle Objekte, die feiner sind als die feinste, mikroskopisch zu entziffernde Struktur, der Erkenntnis durch den Gesichtssinn.

Sodann ist das Erkennen bedingt durch die Eigenschaften und die Leistungsfähigkeit unseres Verstandes. In diesem Sinne gilt der Satz des Protagoras, daß der Mensch das Maß aller Dinge ist. Er kann nur erkennen, was der Beschaffenheit seines Verstandes angemessen ist.

Es gibt verschiedene Grade der Sicherheit des Erkennens, wie eine oft sehr verschiedene Wertschätzung von Erkenntnissen. Darin erweist sich die Erkenntnis abhängig vom erkennenden Subjekt.

Während das Erkennen vom Beobachten und Nachdenken zugleich abhängt, ist das Begreifen eine Funktion des reflektierenden Verstandes. Nur was dem Auffassungsvermögen unseres Verstandes sich fügt, ist begreiflich. Auch im Begreifen suchen wir alles auf Analogien und Ähnlichkeiten zurückzuführen.

Ist die Natur begreiflich? so lautet eine für die Naturforschung äußerst wichtige Vorfrage. Ein Versuch zu ihrer vorurteilslosen Beantwortung darf nicht umgangen werden.

Digitized by Google

F. A. Lange*) hat die Begreiflichkeit der Welt für ein Axiom erklärt. Helmholtz**) äußert sich darüber folgendermaßen: „daß die Wissenschaft, deren Zweck es ist, die Natur zu begreifen, von der Voraussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen müsse".

Ich meinerseits vermag dem Satze von Lange gar nicht, dem Ausspruche von Helmholtz nur unter wesentlichen Einschränkungen beizupflichten.

In der Frage nach der Begreiflichkeit der Natur kann es sich doch nur handeln um ihre Begreiflichkeit für den menschlichen Verstand. Wären die soeben angeführten Zitate durchaus begründet, so müßte entweder die Natur unserem Verstande oder unser Verstand dem Gefüge der Natur und dem, was sie „im Innersten zusammenhält", angepaßt oder angemessen worden sein.

Ich glaube, daß solche Behauptung einen Wunsch mit einer Tatsache verwechselt; ein Beweis für solche Tatsache dürfte wenigstens schwer zu erbringen sein.

Daß wir einen Teil der Natur zu begreifen vermögen, unterliegt keinem Zweifel; es scheint mir aber nicht erlaubt zu sein, daraus die Begreiflichkeit der ganzen Natur zu folgern. Schon der vergebliche Versuch, uns den unendlichen Raum und die unendliche Zeit vorzustellen, sollte uns bedenklich machen.

Ich glaube, daß man hier den Fehler begeht, einen allzumenschlichen Maßstab anzulegen — ein Verfahren, das man an anderen Stellen als anthropomorph oder anthropozentrisch zu tadeln pflegt.

Sicher sind bei verschiedenen Menschen Abstufungen des Begreifens vorhanden. Der Wilde begreift das Telephon nicht, wohl aber ein physikalisch gebildeter Europäer. Nun kann zwar der Wilde durch Erziehung dahin gebracht werden,

---

*) l. c. II. S. 235.

**) Erhaltung der Kraft S. 3.

Digitized by Google

daß auch er das Telephon begreift; indessen ist darum nicht ausgeschlossen, daß Probleme existieren, an welche kein menschliches Begreifen jemals hinanreichen wird. So ist es äußerst fraglich, ob wir jemals begreifen werden, wie unsere Intelligenz auf Nerven und Muskeln einwirkt, um irgend eine Handarbeit anzufertigen. Auch das Zustandekommen dieser Intelligenz selbst ist dem gewiegtesten Physiologen unbegreiflich; es gilt ein Gleiches von dem ersten Auftreten lebendiger Wesen auf der Erde. Zu sagen, wir wissen das alles noch nicht, aber wir sind im Prinzip fähig, es zu begreifen, ist eine Ausrede, da sich auch nicht die leiseste Aussicht auf dies Begreifen eröffnet.

Bis jetzt wird die Begreiflichkeit der ganzen Natur also nur willkürlich vorausgesetzt. Darin liegt ein gewisser menschlicher Hochmut. Gibt es doch keinen Grund, der dagegen spricht, daß ein Teil des Weltgetriebes nur einem vollkommeneren Verstande, als dem unseren, zugänglich sein würde. Sonst müßte man auch sagen dürfen: alles, was wir nicht begreifen können, existiert nicht. Das wäre eine ähnliche Vermessenheit, als wenn man behaupten wollte: alles, was unseren Sinnen nicht zugänglich ist, kann nicht existieren.

Ich weiß nicht, woher wir den Rechtstitel nehmen sollen, daß die ganze Natur für uns begreiflich sei. Wir können uns vorstellen, es gäbe Wesen vom Verstande der Kaninchen, die auch auf ihre Weise Naturforschung treiben; könnten diese dann nicht auch beanspruchen, daß die Welt für sie begreiflich sein müsse?

Wenn wir fordern, daß die Natur ohne Rest für uns begreiflich sei, so könnten wir auch gleich verlangen: sie muß so und nicht anders eingerichtet sein, weil sie sonst für uns nicht begreiflich wäre. Es wäre aber doch eine etwas gewagte Hypothese, zu behaupten: nur das ist möglich, was ich begreifen kann.

In der Phase des Naturerkennens, in welcher die

Digitized by Google

Menschheit gegenwärtig steht, überwiegt unzweifelhaft dasjenige, was wir nicht begreifen, über dasjenige, was wir begreifen. Unbegriffen sind die fundamentalen Naturkräfte; wir begreifen so wenig, wie das Kalium auf den Sauerstoff einwirkt, wie wir die Wirkung der Schwerkraft auf eine Bleikugel begreifen; ebenso unbegriffen sind die eigenen Verstandeskräfte. Die Wirkungen der Kräfte, sowohl der mechanischen wie der intelligiblen, begreifen wir wohl in ihren Resultaten; aber das Wie? ihres Wirkens begreifen wir nicht. Daraus aber ein Dogma ableiten zu wollen, daß die Natur im Prinzip unbegreiflich sei, würde ich für ebenso verkehrt halten, wie das Dogma ihrer prinzipiellen und unbedingten Begreiflichkeit.

Nun wird aber die Frage der Begreiflichkeit auf ein ganz anderes Gebiet hinübergespielt, wenn es heißt: eine unbegreifliche Welt erforschen zu wollen, würde keinen Sinn haben.

Allein daß die ganze Natur unbegreiflich sei, wird niemand behaupten dürfen. Ein gutes Stück haben wir bereits begriffen, und ein Teil dessen, was uns heute noch unbegreiflich erscheint, wird ohne Zweifel mit der Zeit begriffen werden. Allein fraglich bleibt immer ein Rest, und ich bin der Meinung, daß wir die Möglichkeit eines solchen Restes zugeben müssen. Wollte man dieses Restes und dieser Möglichkeit wegen die Naturforschung überhaupt aufgeben, es hieße das Kind mit dem Bade ausschütten, wozu sicher kein Anlaß ist. Man forsche weiter, wie man bisher getan hat; dann hat man die Hoffnung, den Rest des Unbegreiflichen in der Natur immer weiter und weiter einzuschränken.

Im letzteren Sinne kann ich mich mit der oben zitierten Äußerung Helmholtz' einverstanden erklären, noch mehr aber mit dem Ausspruche Goethes: „Der Mensch muß bei dem Glauben verharren, daß das Unbegreifliche begreiflich sei; er würde sonst nicht forschen." Hier ist die Rede von einem Glauben an die Begreiflichkeit, welcher nützlich

Digitized by Google

ist, damit man den Mut nicht verliert; ein Impuls zum Forschen. Der Begriff des Glaubens an eine Sache läßt es aber dahingestellt, ob diese Sache richtig ist oder nicht.

Fundament und Voraussetzung der Naturforschung muß es unter allen Umständen sein, daß die Erfahrung uns die Naturerscheinungen erschließen wird, soweit sie begreiflich sind. Die Wissenschaft will das Wirkliche feststellen, das, was über den Schein hinaus liegt, will Schein und Wirklichkeit voneinander sondern. Jene aber verrücken ihr das Konzept, die da behaupten, nur das Begreifliche sei wirklich. Noch mehr, sie verbauen sich selbst die Erkenntnis der Wahrheit. Der Mensch glaubt leicht, was er wünscht, was er will: die Wissenschaft hat sich von diesem Wünschen und Wollen frei zu halten. Es ist jedenfalls wissenschaftlicher, die Grenzen unseres Wissens festzustellen, als zu behaupten, daß wir alles wissen können.

Sollte die Natur in den letzten und feinsten Wurzeln ihres Wirkens für uns nicht begreiflich sein, so würde die Naturwissenschaft dadurch keineswegs ihre Berechtigung verloren haben. Sie würde uns so lange immer neue Bereicherung unserer Kenntnisse bringen, bis wir an den uns gesteckten Grenzen angelangt sind; der Versuch zu begreifen, würde sich auch nicht auf das äußerliche Nebeneinander, auf Masse, Form und Struktur der Dinge beschränken, sondern ihren inneren, ihren Kausalzusammenhang, ihre gesetzmäßige Verknüpfung zu ermitteln suchen. Wir würden auch in Zukunft forschen, wie wir es bisher getan haben; wir würden Tatsachen beobachten und über ihren Zusammenhang nachdenken und Gesetze daraus ableiten. Man würde dann in den Methoden des Erkennens, in der wissenschaftlichen Arbeit die Voraussetzung der Begreiflichkeit walten lassen können, ganz unbekümmert darum, ob diese Voraussetzung immer zutrifft oder nicht. Daneben dürfte es nutzbringend sein, Erwägungen darüber anzustellen, welche Fragen als voraussichtlich unlösbar einstweilen wenigstens zurückgestellt

Digitized by Google

werden sollten, wie dies Dubois-Reymond in seiner Rede über die sieben Welträtsel getan hat. —

Soweit die Welt für uns begreiflich ist, ist sie auch erklärbar.

Die Natur erklären heißt sie beschreiben. Als Kirchhoff sich in diesem Sinne äußerte, sprach er ein erlösendes Wort. Vorher hat man von einer Erklärung oft das Unmögliche verlangt. Doch schon der Wortlaut (= klar machen) erfordert nichts anderes als eine genaue und verständliche Beschreibung. Eine Beschreibung, die man nicht verstehen kann, wäre allerdings keine Erklärung.

Die Erklärung will also ein verständliches Abbild der Erscheinungen liefern, eine Darstellung, welche das geistige Bedürfnis des Menschen zu befriedigen sucht. Die einfachste, aber nur in beschränktem Umfange anwendbare Form der Beschreibung ist die Zeichnung, ein namentlich in der Botanik und Zoologie äußerst wichtiges Darstellungsmittel. Sobald man einen Zusammenhang körperlicher Elemente richtig erkannt hat, kann man ihn zeichnen. Darum benutzen wir die Zeichnung als Stichprobe auf das richtige oder falsche Beobachten eines Schülers; wir lassen ihn zeichnen, was er unter dem Mikroskope sieht oder zu sehen glaubt, und erst aus der Zeichnung kritisieren wir sein Erkennen.

Doch in den meisten Fällen wird die Beschreibung sich der Worte oder, wenn man lieber will, der Begriffe bedienen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um die Aufgabe, die zu erklärende Sache in Teile zu zerlegen und die Übereinstimmung oder Analogie dieser Teile mit bekannten Tatsachen nachzuweisen. Zu den Teilen eines Geschehens würden in diesem Sinne auch seine Bedingungen, seine Kausalbeziehungen zu rechnen sein. Wir trachten den Zusammenhang zwischen den Dingen zu verstehen; darum suchen wir die zu erklärende Erscheinung durch andere, uns bekannte Erscheinungen zu erläutern. Im Interesse der Einfachheit werden wir in unserer Erklärung nicht mehr Vergleiche

Digitized by Google

durchführen, als für eine ausreichende Beschreibung notwendig sind.

Je verwickelter ein zu erklärender Erscheinungskomplex ist, um so lebhafter wird unser Wunsch sein, ihn auf eine möglichst geringe Zahl einfacher Vorgänge zurückzuführen. Unserem Wahrheitssinn wird es aber widerstreben, für die Erklärung willkürliche, aus der Luft gegriffene Annahmen heranzuziehen oder uns übertriebene Vereinfachungen zu gestatten. Alles auf eine einheitliche Grundlage stellen zu wollen, wäre darum an und für sich nicht gerechtfertigt.

Ohne Hypothesen kann die Wissenschaft nicht fortschreiten; die Hypothesen sollen nur zureichend begründet sein. Wenn nun die Erklärung versucht, scheinbare Dissonanzen und Widersprüche zwischen den Erscheinungen zu beseitigen, die bestehenden Unebenheiten zu glätten, so wird sie sich auch der Aufgabe nicht entziehen können, einen Einklang zwischen Tatsachen und Hypothesen herbeizuführen, oder, wenn sich dies als unmöglich herausstellt, dadurch die Hypothese zu Fall zu bringen. Auf diese Weise wird in den Erklärungen bei einem Minimum von Hypothesen schließlich die Gesetzmäßigkeit des Geschehens zum Ausdruck gelangen, deren Erkenntnis das Ziel der Naturforschung bildet.

Digitized by Google

Kapitel 5.

Die Kausalität.

Wenn ich in Anlehnung an Kirchhoff die Auffassung vertreten habe, daß unter Erklärung die Beschreibung des Geschehens verstanden werden müsse, so darf nicht verhehlt werden, daß gewöhnlich andere, weit darüber hinausgehende Forderungen an das Erklären gestellt werden. Ganz gewöhnlich hört man sagen: Erklären sei der Nachweis der Ursachen einer Erscheinung. Naturforscher wie Philosophen brauchen statt des Wortes Erklärung geradezu das Wort „Kausalerklärung". Dieser Standpunkt bedarf einer kritischen Klarlegung.

Die entscheidenden Worte bei Kirchhoff lauten folgendermaßen: *)

„Ich stelle es als die Aufgabe der Mechanik hin, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben. Ich will damit sagen, daß es sich nur darum handeln soll, anzugeben, welches die Erscheinungen sind, die stattfinden, nicht aber darum, ihre Ursachen zu ermitteln."

Unzweideutiger kann man sich nicht äußern, als es hier der Entdecker der Spektralanalyse tut, einer der größten Naturforscher, die je gelebt haben.

Der Einwand wäre nicht stichhaltig, daß Kirchhoff nur von der Mechanik spricht, nicht aber von den übrigen Gebieten der Naturforschung. Denn die Mechanik ist unter allen Naturwissenschaften die einfachste, zugleich aber diejenige, deren Erkennen am weitesten vorgeschritten ist, in

*) Vorlesungen über mathematische Physik, Leipzig 1876.

Digitized by Google

deren Tiefe wir einen vollkommneren Einblick besitzen, als in die übrigen Wissenschaften. Wenn nach der Ansicht eines so hervorragenden Meisters auf dem Gebiete der Mechanik schon in dieser Wissenschaft auf Ermittelung der Ursachen verzichtet werden muß, so gilt ein Gleiches in höherem Maße von allen anderen Naturwissenschaften.

Der angedeutete Zwiespalt der Meinungen ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß über das Wesen der Kausalität selbst eine bemerkenswerte Unklarheit verbreitet ist.

Unter Kausalität verstehen wir die Verknüpfung der Erscheinungen als Ursache und Wirkung. Darin stimmen wohl alle überein. Indessen denken sich manche diesen Zusammenhang verhältnismäßig einfach, während er in Wirklichkeit ein außerordentlich verwickelter ist.

Man sagt nicht ohne Berechtigung, daß die Welt von der Kausalität wie durch einen Faden zusammengehalten wird. Diesen Faden darf man sich aber nicht als einen linearen Wert oder als Kette vorstellen. Man hat die Kausalverknüpfung daher auch viel zutreffender mit einem Netzwerk verglichen, das aber als ein dreidimensionales Netz gedacht werden muß. Jedes Ereignis bildet einen Knotenpunkt dieses Netzes und steht durch die Fäden mit den übrigen Knotenpunkten in Verbindung.

Doch das ist nur ein Gleichnis; eine genauere Analyse des Begriffes der Kausalität ist nicht zu umgehen.

Aus den Erfahrungen des täglichen Lebens sind wir davon überzeugt, daß jedes Geschehen die Wirkung einer Ursache ist. Wir können das auch so ausdrücken: alle Veränderungen in der Natur sind an Bedingungen geknüpft. Da wir nun sehen, daß jedes Ereignis von einem Schwarm von Bedingungen umgeben ist, so können wir seine Ursache nur definieren als die Summe aller seiner positiven und negativen Bedingungen; eine Bedingung heißt positiv, wenn sie den Eintritt des Ereignisses fördert, negativ, wenn sie ihn hemmt.

Digitized by Google

Indem jede dieser Bedingungen wieder durch andere bedingt ist, entsteht eine unabsehbare Verkettung von Bedingungen, von Tatsachen, die alle kausal miteinander verknüpft sind. Nach jeder von uns entzifferten Bedingung sehen wir uns wieder vor ein Heer neuer Bedingungen gestellt, so daß wir schließlich in unserem Bestreben, die Ursache einer Wirkung in ihrem ganzen Umfange festzustellen, erlahmen müssen. Dadurch wird die Unübersehbarkeit der Ursache zu ihrem entscheidenden, wichtigsten Merkmal, das Problem aber, die Ursache eines Geschehens festzustellen, zu einem unlösbaren.

Ein Beispiel möge diese Betrachtung erläutern. Forschen wir nach der Ursache der Bewegung einer Flintenkugel, so kommen in Betracht: die Spannkraft des Pulvers; der Fingerdruck, welcher sie auslöst; der Widerstand der Luft; die Schwere; die Richtung des Laufes; die Konstruktion des Flintenschlosses; der Zünder; die Handhabung der Flinte durch den Menschen; die Erfindung der Flinte; die Erfindung, Eisen aus seinen Erzen abzuscheiden; alle Schwierigkeiten, die dabei zu überwinden waren; die Formung des Geschosses; die Existenz des Menschen; die Abkühlung der Erde, wodurch erst Dinge von festem Aggregatzustand möglich wurden, u. s. w. u. s. w.

Jede einzelne dieser zusammenwirkenden Bedingungen ist erkennbar; ihre Gesamtheit dagegen bildet ein unentwirrbares Netz. Darum können wir nicht verlangen, daß in der Erklärung einer Tatsache oder Erscheinung uns die Ursache derselben aufgedeckt werde. Als Wirkung können wir jede Tatsache hinstellen; von der Ursache erkennen wir immer nur einzelne Stücke. Die wirkliche Ursache ist als ganzes so wenig anschaulich, wie der unendliche Raum.

Die Mechanik hat es zu tun mit der Bewegung der Körper ohne Rücksicht auf ihre Beschaffenheit. Da sie so wenig wie eine andere Wissenschaft imstande ist, die ganze Ursache der Bewegungen darzulegen, so setzt sie dafür ein

Digitized by Google

Symbol: dies ist der Begriff der Kraft. Mit dem Worte Kraft personifiziert sie die Summe der Bedingungen einer Bewegung, welche in ihren Sätzen sonst als ein Unbekanntes erscheinen müßte. Die praktische Anwendung des Wortes Kraft erstreckt sich allerdings weit über den Bereich der Mechanik hinaus; doch ist in seiner Anwendung auf naturwissenschaftlichem Gebiete überall Vorsicht geboten, sofern der Sinn, in dem die Mechanik ihn anwendet, sich nicht aufrecht erhalten läßt.

Darum spricht Kirchhoff auch geradezu von der Unklarheit des Begriffes der Ursache, wodurch er den Kausalitätsschwärmern einen kühlen Wasserstrahl entgegenschleudert. Ich zitiere noch ein weiteres Wort von ihm aus dem oben angeführten Buche:

„Man pflegt die Mechanik als die Wissenschaft von den Kräften zu definieren, und die Kräfte als die Ursachen, welche Bewegungen hervorbringen oder hervorzubringen streben. Gewiß ist diese Definition bei der Entwickelung der Mechanik von dem größten Nutzen gewesen, und sie ist es auch noch bei dem Erlernen dieser Wissenschaft, wenn sie durch Beispiele von Kräften, die der Erfahrung des gewöhnlichen Lebens entnommen sind, erläutert wird. Aber ihr haftet die Unklarheit an, von der die Begriffe der Ursache und des Strebens sich nicht befreien lassen."

Das Problem der Kausalforschung gestaltet sich aber völlig anders, sobald wir auf die Utopie verzichten, die Ursache eines Ereignisses in ihrem ganzen, oben angedeuteten Umfange in unsere Erklärung aufnehmen zu wollen, und uns mit einem Stück derselben, mit der Aufzeigung einer oder mehrerer Partialursachen, unter dem Heer der wirksamen Bedingungen begnügen. Eine solche Einschränkung der Aufgabe befindet sich auch nicht im Widerspruch zu der Kirchhoffschen Regel; ja ich trage kein Bedenken, es auszusprechen, daß die Entzifferung von Kausalbeziehungen überhaupt zu den allerwichtigsten Aufgaben der Wissenschaft gehört. Auch wird der Sprachgebrauch unter den Bedingungen eines Geschehens stets eine oder mehrere, besonders entscheidende und augenfällige

Digitized by Google

als treibende Ursache den übrigen mehr passiven Bedingungen gegenüberstellen. So ist z. B. für die Vollendung eines halbfertigen Hauses die Konfiguration des bereits fertigen Teils wohl unerläßliche Bedingung, also passive Mitursache; allein die treibende, aktive, entscheidende Bedingung liegt in der Fortsetzung der Arbeit durch den Baumeister und die Werkleute. Durch jene Konfiguration wird nicht das geringste bewirkt; wohl aber durch die Intelligenz und die Tätigkeit der Bauleute.

Wegen dieser großen Bedeutung des Erkennens von Kausalbeziehungen in der Erscheinungen Flucht habe ich im vorigen Kapitel auch bereits die Aufnahme solcher Kausalbeziehungen in die Erklärungsversuche der Naturerscheinungen gefordert.

In der wissenschaftlichen Praxis hat eine weit laxere Handhabung des Wortes Ursache Platz gegriffen, als nach dem oben Ausgeführten zulässig erscheinen könnte; sobald man eine Kausalverknüpfung aufgefunden hat, spricht man von dem Faktor, der im Verein mit anderen Bedingungen die Wirkung hervorbringt, kurzweg als von der Ursache.

Wir sagen z. B., Wärme sei die Ursache des Schmelzens von Blei, obwohl sich für das Schmelzen von Blei leicht eine ähnliche Schar von Bedingungen aufzählen ließe, wie für die Bewegung der Flintenkugel. Es ist dies ein abgekürztes Verfahren, indem wir aus vielen Bedingungen eine herausgreifen, welche als die nächstliegende anzusehen ist, und der wir die eigentlich entscheidende Wirkung glauben beimessen zu dürfen. Korrekter wäre es gewiß, zu sagen, Wärme sei Bedingung für das Schmelzen von Blei, wodurch andere weniger unmittelbare Bedingungen nicht ausgeschlossen würden. Allein durch den allgemeinen Gebrauch des Wortes Ursache im angedeuteten Sinne erhält seine Anwendung eine gewisse Berechtigung; nur müssen wir uns der Tragweite dieser Anwendung bewußt sein. Ist z. B. irgendwo ein Mord geschehen, so ist die Ursache dieses Er-

Digitized by Google

eignisses gewiß so verwickelt, wie die eines anderen. Allein der Richter ist befriedigt, wenn er den Urheber, den Mörder, gefunden hat, und der kausale Zusammenhang gilt ihm für aufgeklärt. In diesem Falle kam es darauf an, eine Bedingung zu ermitteln, die einem beschränkten Kreise von Begriffen angehörte, nämlich der tötenden Handlung eines Menschen; dieselbe Bedingung wurde dann als die entscheidende und wesentliche in der Feststellung der Kausalität betrachtet, neben der die übrigen Bedingungen vernachlässigt werden konnten. Ganz analog dem Urheber eines Verbrechens wird das Wort Ursache gebraucht, wenn man sagt, die Schwerkraft ist Ursache des Abwärtswachsens der Wurzel, oder das Licht Ursache der Krümmung des Stengels einer Pflanze. — Ist man sich dessen bewußt, daß hier Ursache für Bedingung gesetzt wird, so handelt es sich bei derartigen Urteilen lediglich um ein Stück Beschreibung. Von kausaler Erklärung kann nur insofern die Rede sein, als ein wesentliches Stück der Ursache in die Beschreibung des Vorganges aufgenommen wird.

Dies ist der Sinn, in welchem das Wort „Kausalforschung" verstanden sein will, das uns in den biologischen Arbeiten so häufig begegnet.

Es ist wissenschaftlich natürlich von größter Wichtigkeit, daß wir über die Bedingungen der Ereignisse möglichst vollständig unterrichtet sind, daß wir namentlich die nächsten und wichtigsten dieser Bedingungen kennen. Ob eine Bedingung als eine nahe oder eine wesentliche anzusehen ist, darüber entscheidet allerdings die Ansicht des Naturforschens, was immerhin eine Schwäche solcher Beschreibungen ist.

Was die in den sogenannten Kausalerklärungen als Ursache gesetzten Bedingungen anlangt, so wird von der Naturforschung festzustellen sein, ob die Erscheinungen *stets* mit ihnen verbunden auftreten oder nicht. Ist ihr Zusammenhang ein regelmäßiger — fällt z. B. ein Stein, den ich in die Luft werfe, immer wieder zur Erde, so schließe ich auf

Digitized by Google

einen notwendigen und gesetzmäßigen Zusammenhang der Erscheinungen.

Man hat behauptet, daß es Notwendigkeit nur im logischen Denken gebe, nicht aber in den Erscheinungen der Natur. Dem gegenüber möchte ich die Notwendigkeit in der Aufeinanderfolge zahlreicher Naturerscheinungen und damit ihre unabänderliche Verknüpfung aufrecht halten. Es ist mir unerfindlich, wie man die Notwendigkeit in den Wirkungen der Gravitation, der chemischen Anziehungen, der Strahlung übersehen kann oder für eine bloß logische erklären. Die kausale Abhängigkeit, sofern sie sich unter bestimmten Bedingungen unabänderlich wiederholt, wird in jenen Erscheinungen zur Notwendigkeit.

In diesem Sinne wird der kausale Zusammenhang des Geschehens auch zur Gesetzmäßigkeit. Die ausnahmslose Wiederkehr von Veränderungen in der Erscheinungswelt unter bestimmten Bedingungen nennen wir ein Naturgesetz. Ein solches Gesetz ist eine Abstraktion von den Erscheinungen, insofern ein Produkt unseres Verstandes; aber seinen Grund, seine Wurzel hat es in den Vorgängen selbst. Als Beispiel sei nur an das Fallgesetz erinnert. Durch die Übertragung des an einer großen Zahl von Einzelfällen durch Erfahrung gewonnenen Gesetzes auf jeden beliebigen Einzelfall der betreffenden Gattung wird die gesetzmäßige Folge der Bedingungen erhärtet. Das Gesetz ist imstande vorauszusagen, daß ganz bestimmte Tatsachen unter gewissen Bedingungen eintreten.

Durch die Natur unseres Verstandes werden wir getrieben, nach den Bedingungen des Geschehens zu forschen. Unsere Aufgabe ist es, möglichst viele von diesen Bedingungen zu ermitteln. Dabei haben wir uns zu beschränken, soweit es durch die Umstände geboten erscheint, und uns nicht in das Uferlose zu verlieren. Überall haben wir auf die Abhängigkeit der Erscheinungen und die Art ihrer Verbindung zu achten, besonders auf die übereinstimmende Wiederholung

Digitized by Google

der Veränderungen. Dann dürfen wir von Kausalforschung und von Kausalerklärung sprechen in dem Bewußtsein, daß dies nichts anderes heißt als: in unsere Beschreibungen auch die Abhängigkeit der Erscheinungen voneinander aufzunehmen. —

Ich habe damit die Kausalität als eine aus der Erfahrung geschöpfte Anschauung geschildert, der in der wirklichen Welt eine Verknüpfung des Geschehens nach dem Verhältnis von Wirkung und Ursache oder von Abhängigem und Bedingung entspricht. Im Gegensatz hierzu behauptet eine bekannte philosophische Lehre, daß Kausalität eine Anschauung a priori sei, die unser Verstand in die Dinge hineinträgt.

Diese rein subjektive Auffassung des Kausalbegriffs halte ich für unannehmbar. Sie wird wie beim Raum und der Zeit damit begründet, daß wir die Kausalität nicht „wegdenken" können; auch soll sie *darum* nicht aus der Erfahrung gewonnen sein, weil jede Erfahrung die Anwendung von Kausalität zur Voraussetzung habe. Dem gegenüber möchte ich bemerken, daß ich mir die Kausalität allerdings wegdenken kann. Ich kann mir unzweifelhaft die *Möglichkeit* vorstellen, daß eine Anzahl von Dingen in völliger Unabhängigkeit voneinander von Ewigkeit her bestanden hat. Unser Verstand zwingt uns keineswegs, die Ereignisse als kausal verknüpft aufzufassen; erst die Erfahrung lehrt uns eine solche Verknüpfung. Dagegen ist der ungeheure Komplex von Bedingungen, der die wirkliche Ursache einer Erscheinung ausmacht, für unseren Verstand so wenig vorstellbar, wie der endlose Raum und die endlose Zeit.

Deshalb ist Kausalität die allgemeine Tatsache des Wirkens der Dinge aufeinander; sie wirken aber auch in der Natur aufeinander, nicht bloß in unserer Anschauung.

Ich vermag nur zuzugeben, daß unser Verstand, a priori d. h. von sich aus, die Fähigkeit besitzt zu kausalem Begreifen und den Trieb, nach den Ursachen des Geschehens zu fragen: wie wir den Trieb haben, zu essen und zu trinken. Insofern ist unser Verstand der Kausalität der Tatsachen angepaßt.

Digitized by Google

Doch zwingen zu kausaler Auffassung kann der Verstand uns nicht; die Erfahrung lehrt nur die allgemeine Verknüpfung der Tatsachen miteinander und ihre Bedingung durcheinander. Dadurch entfällt der kausale Zusammenhang der Dinge in die Welt der Tatsachen, ganz unabhängig davon, ob unser Verstand existiert oder nicht. Wäre es anders, würde die Kausalität nur vom Verstande in die Welt hineingetragen, so wäre jede Kausalerklärung ein bloßer Anthropomorphismus.

Wenn gegen die Objektivität des Kausalzusammenhangs eingewandt wird, daß jede Erfahrung schon die Anwendung von Kausalität zur Voraussetzung habe, so ist dieser Einwand gewiß nicht stichhaltig; denn unsere Erfahrung kommt durch tatsächliche Veränderung von Dingen zustande und wird dadurch geradezu ein Zeugnis für die außer uns und unabhängig von unserem Denken bestehende Kausalität.

Wäre die hier bekämpfte philosophische Lehre richtig, so müßte in der ganzen Natur die Kausalverknüpfung aufhören, sobald man sich — etwa durch Massenvergiftung — die Tätigkeit aller menschlichen Gehirne ausgelöscht denken wollte; selbst von einer Kausalbeziehung zwischen dem Gift und dem Tode der Menschen könnte dann keine Rede mehr sein.

Digitized by Google

Kapitel 6.

Der Zufall.

Ein bekannter darwiniſtiſcher Schriftſteller hat den Ausſpruch getan: „Es gibt einen Zufall ſo wenig als einen Zweck in der Natur.“ Vorſichtiger klingt die Lehre des alten Demokrit: „Nichts geſchieht zufällig, ſondern alles aus einem Grunde und mit Notwendigkeit“. Es wäre nicht ſchwer, dieſen beiden Sätzen eine ganze Blütenleſe von Zitaten hinzuzufügen, in denen der Zufall geleugnet wird.

Dem gegenüber iſt geltend zu machen, daß ſchon ein ſprachliches Bedürfnis vorlag, dem Begriffe des Zufalls durch ein Wort Ausdruck zu geben, und daß dieſer Begriff darum wohl nicht ſo ganz grundlos ſein kann. Jeder Würfler, jeder Whiſtſpieler iſt ohne Zweifel davon durchdrungen, daß die Karten und Würfel nicht notwendig ſo fallen mußten, wie ſie gefallen ſind; und ſollte er ſich einmal davon überzeugt haben, daß nicht der Zufall ſie aufwarf, ſondern daß eine Notwendigkeit, ein Zwang einwirkte, er würde den Schluß auf falſches Spiel ziehen.

Man kann und darf den Zufall im Naturgeſchehen nicht leugnen. Wenn dies geſchah, ſo wurde ein Fehler gemacht. Der Irrtum beſtand darin, daß man den Zufall in einen ausſchließenden Gegenſatz zu Kauſalität und Notwendigkeit ſtellte; denn in jedem Zufall ſind Urſachen und Notwendigkeiten enthalten. Werfen wir einen Würfel, ſo hängt es vom Zufall ab, welche Seite oben zu liegen kommt. Dieſe Lage wird aber kauſal und daher mit Notwendigkeit verurſacht durch die dem Würfel erteilte Bewegung; daraus,

Digitized by Google

daß der Wille des Menschen beim Würfeln diese Bewegung nicht genau abzumessen und vorher zu bestimmen weiß, ergibt sich der Zufall.

F. A. Lange, auch ein leidenschaftlicher Gegner des Zufalls, sagt*):

„Wenn einem Menschen ein Ziegel auf den Kopf fällt, während er gerade über die Straße geht, so sieht man das als Zufall an, und doch zweifelt niemand, daß der Luftdruck des Windes, das Gesetz der Schwere und andere natürliche Umstände den Vorgang vollständig bestimmten, so daß er mit Naturnotwendigkeit erfolgte und auch mit Naturnotwendigkeit gerade den in diesem Zeitmoment auf dieser bestimmten Stelle befindlichen Kopf treffen mußte."

Es ist interessant, daß K. E. von Baer sich genau desselben Beispiels bedient, doch in entgegengesetztem Sinne, indem er ausführt**):

„Wenn ich an einem Hause hingehe, und es fällt ein Ziegel vom Dache, so ist das für mich doch ein Zufall, der Stein mag mir auf den Kopf oder vor die Füße fallen. Für den Stein ist freilich das Fallen kein Zufall, sondern eine Notwendigkeit, er mag nun seine Befestigung verloren oder einen andern Grund zum Fallen haben; wohl aber ist es für ihn ein Zufall, daß ich gerade um diese Zeit unten gehe, wenn er nicht etwa absichtlich auf mich geworfen ist. Zufall ist überhaupt ein Geschehen, das mit einem andern Geschehen zusammentrifft, mit dem es nicht in ursächlichem Zusammenhang steht."

. Diese Definition des Zufalls durch Baer trifft ohne Zweifel das Richtige. Natürlich ist dabei nur an die nächstliegende Kausalverknüpfung zu denken. Auch hat Baer bereits den Gegensatz angedeutet, durch welchen Zufall und Absicht sich ausschließen. — In einer wirklichen Landschaft ist alles durch den Zufall geordnet; in einer abgebildeten durch die Absicht und die zweckmäßig arbeitende Hand des Malers.

Wenn auch in jedem Zufall Notwendigkeiten zur Wirkung gelangen, so besteht doch ein gewaltiger Unterschied zwischen

*) Gesch. d. Materialismus I. S. 13.

**) Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften. S. 71.

Digitized by Google

Zufall und Notwendigkeit. Krönig*) macht darauf aufmerksam, daß man die letztere vorausbestimmen kann, den ersteren nicht. So ist das Eintreten einer Sonnenfinsternis eine Notwendigkeit — ob während derselben aber Wolken vor der Sonne stehen oder nicht, nennen wir Zufall.

Daß der Begriff des Zufalls ein berechtigter ist, und daß der Zufall in der Natur eine Rolle spielt, steht außer Zweifel. Zufall und Kausalität schließen sich keineswegs aus; eher könnte man den Zufall einen Spezialfall der letzteren nennen. Aber im Wirken der Kausalität können notwendige und zufällige Verknüpfung der Vorgänge miteinander wechseln. Der Naturforscher hat darauf zu achten und beide sorgfältig auseinander zu halten. Tut er dies nicht, sondern leugnet er den Zufall, oder setzt er Zufall und Notwendigkeit einander gleich, so begeht er einen Fehler, der das Ergebnis seiner ganzen Arbeit in Frage stellen kann.

Wollte jemand die Notwendigkeit im Naturgeschehen leugnen, so wäre seine Behauptung nur um weniges absurder, als die Leugnung des Zufalls.

Das zufällige Geschehen steht im entschiedenen Gegensatz zum gesetzmäßigen. Denn während im letzteren die Erscheinungen sich stets in gleicher Weise wiederholen, wiederholt ein Zufall sich selten und ausnahmsweise oder auch gar nicht.

*) l. c. S. 301 ff.

Digitized by Google

Kapitel 7.

Intelligenz.

Dem Zufälligen steht nicht nur das gesetzmäßige, sondern alles geordnete Geschehen gegenüber. Diese Ordnung kann eintreten unter dem Einfluß blind wirkender Naturgesetze. Wenn wir Jahr für Jahr Winter und Sommer miteinander wechseln sehen, wenn die Phasen des Mondes in unabänderlicher Folge, wenn Tag und Nacht in genau abgemessener Zeit sich aneinander schließen, so erkennen wir darin die Wirksamkeit von Gesetzen, die in einer, keine Ausnahme zulassenden Strenge herrschen und jede Abweichung von diesem geregelten Geschehen ausschließen. Der Zufall kann sich mit solcher Ordnung kombinieren, dieselbe aber niemals aufheben oder ihre Reihen durchbrechen. Wenn das tägliche Wetter in einem mitteleuropäischen Winter auch noch so unberechenbar ist, wird doch niemals eine Verkürzung oder Verlängerung der Tage, deren Dauer der Astronom mit Sicherheit voraussagt, eintreten.

Neben dieser als Ausfluß ewiger Gesetze uns erscheinenden Ordnung in der Natur kennen wir aber noch eine andere Ordnung des Geschehens, welche vom Willen des Menschen abhängt. Niemals werden Häuser, Eisenbahnen, Maschinen aller Art in der Natur ohne Zutun des Menschen entstehen können, weder als Ausfluß von Naturgesetzen noch als Wirkungen des Zufalls. Der Zufall kann die genannten Menschenwerke wohl zerstören, aber nicht aufbauen. Er kann auch durch einen Bergsturz ungeheure Schutthalden auftürmen; doch treffen wir auf einen geschichteten und wohl-

Digitized by Google

geordneten Haufen von Ziegelsteinen, der zum Bau eines Hauses angefahren wurde, so wird niemand im Zweifel sein, daß derselbe durch menschliche Arbeit zusammengetragen worden ist.

Jede Arbeit verrichtet der Mensch durch seine Kraft. Diese Kraft ist teils körperlicher Art und wird dann genauer als Muskelkraft definiert, teils ist sie geistiger Art, und wir nennen sie Vernunft oder Intelligenz. Die Muskelkraft des Menschen entspricht der mechanischen Kraft in der leblosen Natur; es wurde der Kraftbegriff vom Menschen in diese übertragen. Die Intelligenz des Menschen ist dagegen etwas Besonderes und besitzt kein Analogon in der unbelebten Natur.

Die Muskelkraft und die Intelligenz im Menschen bilden eine Zweiheit, dessen beide Faktoren sich in deutlicher Sonderung gegenüberstehen, sich aber in den Arbeiten des Menschen zu gemeinsamem Wirken vereinigen. Wenn ein Mann einen Baum durchsägt, so leistet er eine Muskelarbeit, die auch von einer Wasserkraft oder einer Dampfmaschine verrichtet werden könnte. Allein schon das Ansetzen der Säge an richtiger Stelle erfordert Intelligenz, und ein höherer Grad von Intelligenz war für die Konstruktion und namentlich für die Erfindung der Säge erforderlich. Dies ist ein Beispiel, wie die Intelligenz des Erfinders in ein totes Instrument übertragen und in den tausend und abertausend Kopien desselben die größte Vervielfältigung seiner Wirkung erfahren kann.

Das geordnete Geschehen, welches uns umgibt und einen so augenfälligen Gegensatz bildet zur Regellosigkeit des Zufalls, ist also teils auf die der Natur immanenten Gesetze, teils auf die bewußte Intelligenz des Menschen zurückzuführen. Zahllos sind die Fälle, in denen diese drei Faktoren konkurrieren. Wenn ein Bataillon auf dem Marsche ruht, so zerstreuen sich die Leute und lassen sich vom Zufall durcheinandertreiben; ein Kommandowort des Befehlshabers stellt

Digitized by Google

die Ordnung wieder her, während das Naturgesetz bewirkt, daß keiner durch die Luft davonfliegt. Wenn wir einen Kasten mit Lettern schütteln, so bestimmt der Zufall die Lage jedes einzelnen Stabes, und keinerlei Ordnung ist vorhanden; durch die Intelligenz des Schriftsetzers können diese Lettern zu einem Gedicht aneinander gefügt werden. Dem Kausalgesetz waren beide Kombinationen, die ursprüngliche und die nachherige, unterworfen.

Dabei sind die mechanischen Kräfte der Natur, mit denen der Zufall spielen kann und deren die menschliche Intelligenz zu ihren Arbeiten sich bedient, die gleichen. Und so wenig der Zufall jemals die Naturgesetze durchbricht, so wenig tut dies die Intelligenz. In den wunderbarsten Erfindungen menschlichen Scharfsinns, in der Taschenuhr, der Dampfmaschine, dem Telephon, benutzt die Intelligenz die Naturkräfte stets im Rahmen der unabänderlichen Naturgesetze. Dabei ist der Unterschied der in jenen Instrumenten tätigen Intelligenzwirkung und der Wirkung des Zufalls ein ungeheurer; wir können uns davon eine Vorstellung machen, wenn wir den lächerlichen Gedanken zulassen, daß eine Uhr ohne Mitwirkung des Menschen durch Zufall entstehen könnte.

Weil der Mensch zur Natur gehört, so dürfen wir auch eine seiner hervorragendsten Eigenschaften, die Intelligenz, zur Natur rechnen. Dazu haben wir um so mehr Anlaß, weil auch die Tiere Intelligenz besitzen, wenn dieselbe auch weit hinter der Intelligenz des Menschen zurücksteht.

Die Kräfte der Natur werden durch die Intelligenz gelenkt und kombiniert, doch niemals wird ihr gesetzmäßiger Zusammenhang von der Intelligenz aufgehoben oder beeinträchtigt. Es ist gerade die Aufgabe der Intelligenz, innerhalb der Sphäre der Naturgesetze ihre Probleme zu lösen. Aber der Unterschied zwischen mechanischer Kraft und Intelligenz bleibt bestehen, und es ist ein vergebliches Bemühen, die Intelligenz etwa mit der Muskelkraft auf eine Stufe stellen oder gar mit ihr zu einer Einheit verbinden zu wollen.

Digitized by Google

Der Gegensatz zwischen intelligenten und blind wirkenden Kräften ist und bleibt unüberbrückbar. Dieser Dualismus in der Natur ist ein fundamentaler.

Unter normalen Verhältnissen steht der Aufwand von Intelligenz im Verhältnis zur geleisteten Arbeit. Damit soll gesagt sein, daß aus einem hervorragenden Menschenwerke auf einen entsprechenden bedeutenden Aufwand von Intelligenz bei seiner Schöpfung geschlossen werden muß. Es ist für die anzunehmende Größe des Aufwandes von Intelligenz gleichgültig, ob diese nach und nach oder auf einmal betätigt wurde; d. h. auf die Geschwindigkeit der Intelligenzleistung kommt es nicht an, wenn wir ihre Größe bestimmen wollen. Eine Maschine kann die Intelligenz ihres Erfinders vereinnahmen und in ihren Leistungen wieder verausgaben; die Intelligenz ist also von Menschen auf materielle Systeme übertragbar. Hierin gibt sich eine Ähnlichkeit, eine Analogie zwischen der Intelligenz und der mechanischen Kraft, oder genauer gesagt, der Energie im Sinne des Physikers, zu erkennen; aber es wäre verfehlt, wegen solcher Ähnlichkeit die Intelligenz unter die Energieformen rechnen zu wollen. Dafür sind der tiefgreifendsten Unterschiede zu viele; und während die Energie unzerstörbar ist, ist die Intelligenz eines Galilei, eines Newton, eines Linné mit ihrem Tode verschwunden, ohne sich in ein Äquivalent zu verwandeln.

Die Werke des Menschen würden uns unbegreiflich sein ohne Annahme der Intelligenz als eines treibenden Agens. Auf ihr Dasein und ihr Wirken müssen wir schließen aus Millionen von Tatsachen. Ihr Wesen und ihr Zustandekommen sind uns jedoch rätselhaft; sie bieten der naturwissenschaftlichen Analyse bis jetzt keine Handhabe; nur die körperlichen, d. h. die physiologischen Bedingungen, unter denen die Intelligenz tätig ist und sich entwickelt, können wir feststellen. Wir gewinnen den Begriff der Intelligenz durch Abstraktion von den intelligenten Einzelhandlungen;

Digitized by Google

doch von der Intelligenz selbst vermögen wir nicht zu abstrahieren, so lange wir nicht den Menschen selbst wegdenken wollen. Sie ist eine Voraussetzung jeder Wissenschaft, darum auch der Naturforschung; bei alledem ist sie aber unter die Naturkräfte im weitesten Sinne zu rechnen.

Digitized by Google

Kapitel 8.

Der Zweckbegriff.

Der Begriff des Zweckes tritt zunächst hervor in den Handlungen menschlicher Intelligenz; er erstarrt gewissermaßen in den von Menschen gebildeten Werkzeugen und Kunstwerken. Ein Messer hat den Zweck, zu schneiden, ein Hebel den Zweck, eine Last zu bewegen, eine Flinte den Zweck, ein Geschoß in ein fernes Ziel zu schleudern. Im letzten Falle, wo wir es mit einem komplizierten Apparat zu tun haben, der aus vielen Teilen besteht, hat jeder Teil seinen besonderen Zweck: Korn, Visier und Lauf sollen die Flugbahn bestimmen, der letztere zugleich die Pulverladung aufnehmen, während die verwickelten Teile des Schlosses sorgfältig ausgearbeitet sind zu dem Zweck, die Pulverladung in einem bestimmten Augenblicke zu entzünden. Jede Maschine zeigt eine ähnliche zweckmäßige Gestalt der Teile, ein analoges Zusammenwirken zu einem Zweck, dem Zweck des Ganzen; es sei nur noch an eine Uhr, an eine Dampfmaschine, an einen photographischen Apparat erinnert. In einem Gemälde setzt der Künstler jeden Pinselstrich zweckmäßig auf, um den Gesamtzweck des Bildes zu erzielen. Jeder Hammerschlag des Bildhauers muß zweckmäßig geführt werden, wenn die Statue gelingen soll.

Die Zwecke werden durch Mittel hervorgebracht, wie Wirkungen durch Ursachen. Man hat beide Begriffe zu vereinigen gesucht, indem man sagt, ein Zweck sei eine Wirkung, von der wenigstens *eine* Ursache oder Bedingung in der Zukunft liegt. Es ist das aber mehr ein Vergleich als eine Unterordnung, und es scheint mir richtiger, den Zweck als

Digitized by Google

einen selbständigen Begriff beizubehalten. Dagegen dürfte allgemein zutreffen, daß ein zweckmäßiges Gebilde seinen Zweck außer sich hat, wodurch der hier und da aufgetauchte Begriff eines Selbstzweckes überflüssig wird. Bei einem Messer, einem Hammer, einer Feile u. s. w. liegt der Zweck außerhalb des Apparats; und wenn dieser eine zusammengesetzte Maschine ist, so kann zwar der Zweck eines Teils innerhalb der Maschine liegen, er liegt aber immer außerhalb des Teils. Der Teil ist niemals um seiner selbst willen da. Weder Kunst noch Wissenschaft sind meines Erachtens Selbstzweck, sondern sind für die Menschheit da, so daß ich überhaupt nichts von Menschen Hervorgebrachtes kenne, das Selbstzweck wäre.

Erkennen wir an einem Gebilde eine in den einzelnen Teilen zweckmäßige Struktur, so schließen wir auf einen allgemeinen Zweck, der sich in dieser Struktur verkörpert. Dabei ist jeder Zweck auf ein Ziel gerichtet; zugleich verrät er eine ihn bestimmende Absicht. Ohne Absicht kann ein Zweck nicht zustande kommen, oder es handelt sich nur um einen Scheinzweck. Kein Zweck kann sich von selbst, aus sich selbst heraus verwirklichen, er fordert einen zwecksetzenden und darum intelligenten Willen als Urheber. Jede Handlung menschlicher Intelligenz ist in gewissem Sinne zweckmäßig, oder sie ist fehlerhaft. Verfolgen wir die Taten eines klugen Menschen, so forschen wir ganz unwillkürlich nach den Zwecken seiner Handlungen. Wir suchen sie zu entziffern, und wenn uns dies nicht gelingt, wenn wir aus einer Handlung keinen Zweck herauslesen können, so glauben wir, daß der Zweck uns verborgen geblieben ist. Unsicher und gefährlich würde es aber sein, in solchem Falle Zwecke in die Handlungen jenes Menschen hineininterpretieren zu wollen.

Zwecke vollziehen sich nur im Rahmen der Kausalität. Wenn jemand ein Haus baut, so verwirklicht er dabei einen Zweck. Allein die Mittel, durch die er den Zweck erreicht, sind Ursachen von Wirkungen, die in ihrer Gesamtheit jenen Zweck ausmachen. Das Fällen des Bauholzes, die Mischung

Digitized by Google

des Mörtels, das Brennen der Ziegel sind Bedingungen für den Bau. Aus dem Getriebe der Kausalwirkungen tritt daher die Zweckhandlung niemals heraus, obwohl sie die Kausalwirkungen sich dienstbar macht.

Nicht nur der Mensch, auch Tiere vermögen zweckmäßig zu handeln. So der Dachs, wenn er seinen Bau gräbt, die Schwalbe, welche ihr Nest baut. Und ein zweckmäßiges Walten der Natur tritt uns in der ganzen Organisation der Tiere und Pflanzen entgegen.

Darum gehört für den Naturforscher der Zweckbegriff zu den allerwichtigsten; über ihn muß in der Naturwissenschaft vollständige Klarheit herrschen. Während in den Kristallen und Gesteinen, in den Gasen und Flüssigkeiten wie in allen Vorgängen der Physik und Chemie der Zweckbegriff keinen Platz findet, steht es anders mit den Organismen und mit den Vorgängen des Lebens. Jedermann wird zugeben, daß unser Auge zum Sehen, unser Ohr zum Hören, unsere Nase zum Riechen zweckmäßig eingerichtet sind, und diese zweckmäßige Einrichtung wiederholt sich in jedem Teile jener Organe. Wer wollte leugnen, daß die Kristalllinse des Auges zweckmäßig gebaut ist, um ein Bild der Gegenstände außer uns in der Augenkammer zu entwerfen? Wer vermöchte die zweckmäßige Wirkung des Akkommodationsapparates dieser Linse in Abrede zu stellen, durch den sie auf ferne oder nahe Gegenstände eingestellt werden kann? Und nicht anders steht es mit allen einzelnen Teilen des Auges; sie wirken untereinander und mit dem Nervensystem derartig zweckmäßig zusammen, daß sie uns das Sehen ermöglichen. Wenn es unzweifelhaft richtig ist, zu sagen: wir sehen, weil wir Augen haben, so ist es nicht minder richtig, wenn wir das Auge für ein zum Sehen zweckmäßig eingerichtetes Werkzeug unseres Körpers erklären. Beide Auffassungen schließen einander keineswegs aus; es sind verschiedene Ansichten der gleichen Sache.

Damit habe ich eine der bedeutendsten wissenschaftlichen Kontroversen, vielleicht die wichtigste Streitfrage der Natur-

Digitized by Google

forschung, berührt. Denn während ein Teil der Naturforscher in den Organismen die Verkörperung von Zwecken anerkennt und im Walten der Zweckmäßigkeit allein schon einen fundamentalen Unterschied der Biologie von der Physik, der Chemie und der Mineralogie erblickt, haben andere diese Zwecke geleugnet und für Scheinzwecke, also für eine Täuschung, erklärt. An dieser Stelle kann nur auf jene tiefe Kluft der Anschauungen hingewiesen werden, die erst im dritten Abschnitte ihre eingehende Besprechung finden wird. Aber um den Gegensatz der Ansichten schon jetzt gebührend hervorzuheben, da in ihm sich die Weltanschauungen scheiden, sei noch kurz angedeutet, auf welchem Gebiete der Streit sich bewegt. Wenn die eine Partei erklärt, der Mensch habe die Zähne zum Beißen, die Lunge zum Atmen, den Magen zum Verdauen, die Beine zum Laufen u. s. w. und damit in den Organismen Zwecke verkörpert findet, so sagt die Gegenpartei, diese Zwecke seien von uns aus in die Natur hineingetragen, und ihre Bedeutung sei die einer subjektiven Anschauungsform. Die Frage spitzt sich dahin zu, ob die Zwecke aus der Natur der Tiere und Pflanzen abgelesen, entziffert oder in sie hineininterpretiert werden.

Schon hier möchte ich hervorheben, daß das grundlose Hineintragen von Zwecken in die Natur eine willkürliche Handlung wäre, die gar keinen Sinn hätte. Wollte z. B. jemand in einen Stuhl den Zweck hineintragen, daß er geeignet sei, die Zeit zu messen, in eine Taschenuhr aber den Zweck, als Elektrisiermaschine zu dienen, so wäre das ein einfacher Unsinn. Wenn wir aber *nicht ohne Grund* einen Zweck in die Gebilde der Natur hineintragen, so kann der Grund doch nur darin bestehen, daß wir in dem Objekt selbst einen Anlaß finden, es für zweckmäßig zu halten, womit dann tatsächlich der Zweck aus dem Objekte herausgelesen wird.

Digitized by Google

Kapitel 9.

Wahrheit, Dichtung und Weltanschauung.

Die Erkenntnis der Wahrheit ist das erhabene Ziel der Wissenschaft; das Ziel, dem sie unablässig zustrebt, unbekümmert darum, ob sie es jemals erreichen wird. Darum ist die Wissenschaft auch nicht der Inbegriff aller Wahrheit, sondern ein Kampf um die Wahrheit. Dieser Kampf ist ein langwieriger; von Generation setzt er sich fort auf Generation; er wird so lange dauern, als die Erde Menschen trägt. Darin liegt ausgesprochen, daß die ganze Wahrheit für unser Erkennen unerreichbar bleiben dürfte, daß dasjenige, was den Menschen zu gewinnen beschieden ist, nur ein Stück dieser ganzen Wahrheit ausmachen wird.

Weil die zeitweilig erreichte Wahrheit niemals eine endgültige ist, wird sie stets durch Dichtung ergänzt werden; daher vermag die Wissenschaft auch die Dichtung nicht von sich auszuschließen.

Diese Sachlage darf uns nicht hindern, nach der Wahrheit zu forschen, oder uns gar an der Wissenschaft verzweifeln lassen. Denn unser Wissen besteht aus Körnchen von Wahrheit, die wir in harter Arbeit aus taubem Gestein herausfördern mußten; aber jene Körner sind goldeswert, oder vielmehr von höherem Werte, als durch irgend einen Maßstab des alltäglichen Lebens ausgedrückt werden kann. Solche Wahrheitskörnchen zu suchen und zu erarbeiten treibt uns ein inneres Sehnen, ein „Gott in unserer Brust", und

Digitized by Google

dieser Trieb zur Forschung, nach Wahrheit und Wissen, erhebt den Menschen hoch über seine Mitgeschöpfe. Der Ochse frißt den Klee, der Mensch studiert ihn.

„Was hat der Mensch dem Menschen
Größeres zu geben als die Wahrheit?"

Was Wahrheit ist, sagt uns zunächst und im allgemeinen unser Gewissen. Wir halten dasjenige für wahr, zu dessen Annahme unsere Sinne und unser Verstand uns zwingen. Darum sind Beobachtung und Nachdenken auch die Mittel zur Erkenntnis der Wahrheit. Durch ihre richtige Handhabung gelangen wir zu einer Überzeugung, deren Gewalt unwiderstehlich wird; je klarer und einfacher diese Überzeugung ist, um so wertvoller ist sie, weil ihre Mitteilung an andere uns dann um so leichter gelingt.

„Das Wort der Wahrheit lautet schlicht und ungeschminkt."

In den Begriffen Gewissen und Überzeugung liegt aber schon ein subjektives Element, eine Andeutung dafür, daß, wenn wir die Wahrheit für das Ziel unserer Forschung erklären, diese Wahrheit doch nur im anschauenden und denkenden Subjekt zustande kommen kann. Die Wahrheit ist daher nicht identisch mit der Wirklichkeit, sondern sie bedeutet die Wirklichkeit im Spiegel unserer Auffassung, den Reflex der Wirklichkeit in unserem Bewußtsein. Die Wahrheit ist ein Produkt aus der Wirklichkeit und unserem Erkenntnisvermögen.

Aber wenn auch die Wahrheit nur eine Paraphrase vom Wirklichen ist, so steht sie doch in fester Abhängigkeit vom Wirklichen, und darum müssen wir ihr objektive Gültigkeit zuschreiben. Wie schon im Kapitel über das Erkennen ausgeführt wurde, müssen wir annehmen, daß die Dinge der Außenwelt so, wie sie von allen wahrgenommen werden, auch wirklich sind, daß sie ihrer Erscheinung in allen wesentlichen Stücken entsprechen, kurz, daß ihre Erscheinung Wahrheit

Digitized by Google

und nicht lügenhaftes Gaukelspiel ist; denn sonst hätte die Naturforschung keinen Boden unter den Füßen, und die Erfahrung wäre wissenschaftlich bedeutungslos.

Der Weg zur Erkenntnis der Wahrheit ist oft mühsam und voller Täuschungen. Ich möchte nachstehendes Beispiel dafür anführen.

Auf einer Wiese erfreuen uns rote, gelbe und blaue Blumen. Der nicht physikalisch gebildete Mensch begnügt sich damit, dem Gras die Eigenschaft des Grün, den Blumen die Eigenschaft jener Farben beizulegen. Der Physiker hingegen hält sich auf Grund anderweitiger Tatsachen für berechtigt zu erklären, es könne gar nicht die Rede davon sein, daß den Pflanzen die betreffenden Farben als Eigenschaft zukommen. Eine Farbe entstehe erst im Organ der menschlichen Wahrnehmung, sei daher eine subjektive Erscheinung. Die Pflanzenteile besitzen eine abweichende chemische Beschaffenheit, und diese chemisch verschiedenen Stoffe haben die Eigenschaft, Strahlen auszusenden, die sich tatsächlich nur durch ihre verschiedene Brechbarkeit unterscheiden, die aber in unserem Auge die Empfindung von Farben hervorrufen. Nur im letzteren Sinne kann daher von blauen, grünen, gelben und roten Strahlen oder von den gleichen Farben der Pflanzenwelt die Rede sein. Der Laie, auch der gewissenhafteste, ist überzeugt, die Wahrheit auszusprechen, wenn er sagt, das Gras sei grün; der Physiker vertieft diese Wahrheit erheblich, wenn er darauf hinweist, daß das Chlorophyll vermöge seiner chemischen Beschaffenheit Strahlen aussendet, durch deren Reiz auf unserer Netzhaut erst der Eindruck des Grün entsteht. Nun kommt der Physiologe, um die aus allgemein gültigen Tatsachen gegebene Erklärung des Physikers zu prüfen. Er analysiert das von grünen Blättern ausgesendete Licht und findet, daß dasselbe nicht nur Strahlen enthält, die in unserm Sehnerv die Empfindung Grün hervorrufen, sondern auch solche, die wir rot, gelb und blau nennen würden. Er findet zugleich

Digitized by Google

aber, daß die Intensität der vom Gras ausgehenden grünen Strahlen erheblich größer ist als die der roten, gelben und blauen, und er schließt daraus: alle diese Strahlen müssen reizend auf unsern Sehnerv einwirken. Allein der Reiz der grünen, d. h. die Empfindung von Grün hervorrufenden Strahlen muß ein so viel heftigerer sein, daß daneben der von den sehr abgeschwächten roten, gelben und blauen Strahlen ausgeübte Reiz gar nicht zur Geltung kommt; er wird nur dann wahrgenommen, wenn wir durch künstliche Mittel die grünen Strahlen in dem von den Grasblättern ausgesandten Lichte unterdrücken.

Diese drei Anschauungen zeigen uns drei Erkenntnisstufen der Wahrheit; vielleicht wird man in der Zukunft zu einer noch weiter geläuterten Erkenntnis der Farbenerscheinungen kommen, als sie zur Zeit möglich ist.

Die Wahrheit der Erkenntnis, die in dem angeführten Beispiele zum Ausdruck gelangt, ist daher nur eine relative. Diese Tatsache zwingt uns zu der Frage: gibt es überhaupt andere, als relative Wahrheiten?

Gewiß gibt es die, es gibt absolute Wahrheiten. Es gibt dieselben zunächst in der Mathematik. Kein mathematisch Gebildeter wird an der absoluten Richtigkeit des pythagoräischen Lehrsatzes zweifeln; es gibt Beweise genug für diese Richtigkeit. Auch in der Physik und Chemie dürfte von absoluten Wahrheiten gesprochen werden; ich erinnere an Galileis Fallgesetz, an Newtons Gravitationsgesetz. Daß Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff, daß Salzsäure aus Chlor und Wasserstoff besteht, dürfte gleichfalls über jeden Zweifel erhaben sein, wenn auch unsere jetzige Anschauung von den Elementen vielleicht in der Zukunft noch wesentlichen Wandlungen unterliegen wird. Je mehr wir uns aber den verwickelten Problemen nähern, welche die Lebenserscheinungen der Pflanzen und Tiere darbieten, um so unsicherer und relativer wird das, was wir als Wahrheit erkannt zu haben glauben. Ich möchte sagen: die Wahrheit

Digitized by Google

nimmt hier überall einen provisorischen Charakter an, und wenn unsere Überzeugung noch so groß ist, den richtigen Sachverhalt erkannt zu haben, so ist doch in vielen Fällen keine Gewähr dafür geboten, daß wir sie in der Zukunft nicht werden ändern müssen. Denn in vielen unserer biologischen Erkenntnisse ist das subjektive Element ein so großes, daß die Wahrheit, welche wir gefunden zu haben glauben, sich über Nacht als ein Irrtum entpuppen kann.

So kommen wir in der Wissenschaft vielfach über relative und subjektive Wahrheiten nicht hinaus. Es bleibt dann nichts anderes übrig, als diese subjektive Wahrheit solange zu vertreten, bis wir uns von der Fehlerhaftigkeit unserer Anschauung überzeugt haben; das ist wissenschaftliche Ehrlichkeit, ohne die die Wissenschaft überhaupt nicht bestehen kann. Hier gilt die Regel, so vorurteilslos und voraussetzungslos wie möglich an die Probleme heranzutreten, weil dadurch die Gewähr für eine objektiv gültige Lösung der Fragen um so größer wird.

„Ein jeder Geist trägt in sich seine Wahrheit."

Unsere Wahrheit ist das, was wir für wahr halten. Die Konsequenz dieses Satzes ist allerdings diese: so viele Köpfe, so viele Wahrheiten. Das wird in absehbarer Zeit das Los der nach Wissen und Wahrheit ringenden Menschheit bleiben; und wenn wir in der Jugendbegeisterung das Höchste erträumen, bringt das Alter mit unerbittlicher Sicherheit die Ernüchterung. Wohl dem, der auch dann die Begeisterung für die Ziele der Jugend sich bewahrte.

Täuschung und Irrtum sind die Feinde, die im Kampfe um die Wahrheit mit uns ringen. Es hat wohl sehr wenige bevorzugte Geister, vielleicht keinen, gegeben, die ihnen nicht wiederholt unterlagen. Auch der geübteste Beobachter, der klarste Denker vermag sich dem Irrtum nicht gänzlich zu entziehen; das liegt zu tief begründet in der Unvollkommenheit des menschlichen Geistes.

Digitized by Google

„Irrtum verläßt uns nie; doch zieht ein hohes Bedürfnis
Immer den strebenden Geist leise zur Wahrheit hinan."

Dies Goethesche Wort ist ein Wort des Trostes. Ein weiterer Trost liegt in der geschichtlichen Tatsache, daß auch Irrtümer nicht selten ein Ausgangspunkt für fortschreitende Erkenntnis der Wahrheit geworden sind.

Die von der Wissenschaft erkämpfte Wahrheit bleibt also trotz ihres hohen Wertes eine unvollständige, ein Stückwerk. Wir haben zwischen menschlicher Wahrheit und absoluter Wahrheit zu unterscheiden. Wie nun eine tief in unserem Innern wurzelnde Regung uns antreibt, trotz dieses Bewußtseins von der Unvollkommenheit unserer Erkenntnis weiter und immer weiter zu forschen, so haben wir uns über einen zweiten, nicht minder tief in unserer Natur begründeten Impuls Rechenschaft abzulegen, über den Trieb, das Stückwerk unseres Wissens durch die dichtende Tätigkeit der Phantasie zu ergänzen und abzurunden.

Dies Streben beseelt jeden Menschen, und weil es menschlich ist, können wir es nicht von uns abschütteln. Jenes Dichten ist daher aber auch unser gutes Recht.

Jede naive Auffassung der Natur ist eine poetische. Aber auch aus dem Ernste der Wissenschaft läßt sich die Dichtung nicht ganz verbannen. Wir treten stets an die Natur heran mit dem Wunsche, mehr von ihr zu erfahren, als wir zur Zeit wissen können. Ein Drang nach innerer Befriedigung läßt uns nicht ruhig stehen bleiben vor den Erscheinungen, die auf der Bühne der Wissenschaft erkennbar sich abspielen; wir möchten so gerne auch hinter die Kulissen blicken, um zu sehen, ob die Dinge dort an Schnüren geführt werden, und ob diese Schnüre in der Hand eines Maschinisten zusammenlaufen. Unsere Phantasie aber läßt es bei solchem Wunsche nicht bewenden; sie greift nach den vorüberhuschenden Schatten und packt sie mit der Denktätigkeit des Verstandes. Und wie es künstlerische und dichterische Wahrheiten gibt, so brauchen

Digitized by Google

auch die Dichtungen der Wissenschaft, die Hypothesen, nicht wahrheitswidrig zu sein.

Aus den Tatsachen eine gute Hypothese zu kombinieren, kann von höchstem wissenschaftlichem Werte sein, besonders wenn man sich der provisorischen Bedeutung dieses Wertes bewußt bleibt. Ich nenne als Beispiel die zahlreichen Hypothesen der Chemie, so die Atomhypothese, die Hypothese des Benzolringes, durch die gewaltige Fortschritte unseres Wissens angebahnt wurden. Eine solche Hypothese ist auch die Lehre von der Stammesentwicklung der Pflanzen und Tiere.

Die wissenschaftliche Hypothese ist vollauf berechtigt. Wie wäre z. B. die Zurückführung des Lichtes auf eine Wellenbewegung möglich gewesen ohne die Hypothese des Äthers? Allerdings lehrt dies Beispiel, daß weite Gebiete der Erfahrungswissenschaft ganz mit hypothetischen Elementen durchsetzt sein können. Darin liegt die Gefahr einer unvorsichtigen Hypothesenbildung, und es ist ein gesunder Grundsatz, daß wir versuchen müssen, mit einem Minimum von Hypothesen auszukommen. Vor allen Dingen darf eine Hypothese nicht zu einem Vorurteil ausarten, nicht zum Dogma erstarren, von dem wir nicht wieder loskommen können. Hypothesen soll man nicht auf das Ziel gründen, dem man zustrebt, sondern auf den Ausgangspunkt der Untersuchung; nicht auf den Wunsch, etwas erklären zu wollen, denn das wäre tendenziös. In jeder Hypothese soll eine Frage stecken, die wir an die Natur richten; dann stellt sich oft erst nach langer Anwendung solcher Hypothese heraus, daß wohl viele Einzelfälle des Geschehens sich ihr fügen, aber nicht alle, und daß sie darum der Verbesserung bedürftig ist. Erst wenn die Hypothese sich soweit mit den Erscheinungen deckt, daß sie alle umspannt, wird sie zu einer Theorie, die ihren fragwürdigen Charakter verliert. Freilich werden die Begriffe Hypothese und Theorie keineswegs immer in diesem Sinne gesondert, sondern häufig genug war in

Digitized by Google

der Wissenschaft von einer Theorie die Rede, die später als eine ganz unzulänglich begründete Hypothese sich enthüllte. Soweit die Wissenschaft von Hypothesen durchwebt ist, sind in ihr die Grenzen von Wahrheit und Dichtung nicht scharf zu ziehen.

Hypothesen, die in so einleuchtender Weise den Vorgängen der Natur sich anpassen, wie die Atomhypothese der Chemie, haben dadurch eine allgemeine Annahme gefunden; obgleich ihrem Wesen nach Dichtung, sind sie doch von vielen als wissenschaftliche Wahrheit angesehen worden. Sie liegen auf dem Gebiete, wo Dichtung und Wahrheit sich berühren; und da die Mehrzahl der Wahrheiten wegen des ihnen innewohnenden subjektiven Elements nicht absolute Gültigkeit haben kann, so ergibt sich, daß Wahrheit und Dichtung nicht immer einander ausschließende Gegensätze bilden.

Wenn die Schöpfungsgeschichten der Naturvölker Leistungen dichtender Phantasie sind, so ist doch in ihnen ein gemeinsamer Kern unverkennbar, der Elemente der Wahrheit umschließt, mag das Gewand noch so mythologisch sein. Und manche Versuche aus neuerer Zeit, die sich als wissenschaftliche Schöpfungsgeschichten ausgeben, erheben sich auch nicht über das Niveau der Mythenbildung. Die Jünger der einen Lehre glauben an die Wunder von Heiligen, die der anderen an die Allmacht der Materie; beide können aus dem Bannkreise ihrer Phantasie nicht heraus, und beide dichten in der Gestaltung ihres Lehrgebäudes. Auch der Naturforscher dichtet Hypothesen in die Natur hinein, und wenn er besonders vorsichtig ist, behält er diese Dichtungen für sich, ohne sie anderen zu verkünden. Ohne Betätigung unserer Einbildungskraft würde es an jedem geistigen Bande zwischen den Einzelerscheinungen fehlen. Weil wir Phantasie besitzen, sind wir gezwungen, zu dichten, auch in den empirischen Wissenschaften. Eine Forschung, die das Dichten ausschlösse und ihr das Recht bestritte, im Wissen und Vorstellen mitzuwirken, gibt es nicht. Aus Wahrheit und Dich-

Digitized by Google

tung besteht unser Leben, unsere Kunst, unsere Wissenschaft, unsere Welt.

Wo aber Wahres mit Hypothesen sich mengt, die sich keineswegs allgemeiner Zustimmung erfreuen, da bilden sich die sogenannten Ansichten oder Anschauungen. Auch ihre Berechtigung ist damit bewiesen, daß sie menschlich sind, durch menschliches Bedürfnis und ehrliche menschliche Denkarbeit erzeugt werden. Wir müssen nur verlangen, daß solche Ansichten nicht mehr sein wollen, als sie wirklich sind, d. h. subjektive Überzeugungen, auch wenn noch so zahlreiche Köpfe zu ihren Anhängern zählen. Diese Ansichten sind von vielerlei Faktoren abhängig, unter denen der wirkliche Bestand unseres dermaligen Wissens nur einen, wenn auch gewöhnlich den hervorragendsten und eigentlich bestimmenden Faktor bildet. Allein andere Faktoren kommen daneben sehr in Betracht, namentlich Überlieferung und Denkgewohnheit; selbst der Zeitströmung, der Mode kann die wissenschaftliche Anschauung so wenig sich gänzlich entziehen, wie die künstlerische. Wohl jeder Mensch hat über mancherlei Vorkommnisse in der Natur und im Leben Ansichten, die ihm selbst schwer fallen würde zu begründen. Solche Ansichten sind gefährlich für die Klarheit und Unabhängigkeit unseres Denkens. Wir haben uns namentlich davor zu hüten, eine Ansicht für wahr zu halten, weil sie unseren Wünschen zusagt, unseren Vorurteilen schmeichelt, oder einem eingebildeten geistigen Bedürfnisse am meisten entspricht. Mit solcher Begründung könnte jemand für die wunderlichsten und von der Wahrheit sich weit entfernenden Phantasien Gehör verlangen. Nicht selten hört man es aussprechen, daß eine Ansicht den Vorzug verdiene, weil sie von mehreren möglichen Erklärungen die einfachste gibt. Läßt sich kein anderes Gewicht für sie geltend machen, so ist auch dieser Grund unzureichend. Das möglichst Einfache entspricht lediglich unseren Wünschen, braucht aber darum noch nicht den Vorzug der Wahrheit zu haben; denn nichts ist wahrer, als das Da-

Digitized by Google

sein unseres eigenen, äußerst komplizierten Körpers und Wesens.

Zum Wesen aller dieser „Ansichten" gehört, daß sie fehlerhaft sind. Jeder macht seine Fehler, nicht nur Beobachtungsfehler, sondern auch Denkfehler. Die wichtigste Aufgabe ist, diese Fehler nach Möglichkeit zu erkennen, dann zu verbessern und auszuscheiden. Irrtum bei ehrlicher Überzeugung ist verzeihlich; aber strenge Kritik gegen sich selbst muß von jedem gefordert werden. Sonst hilft kein Geschick der Beobachtung, keine Kühnheit der Kombination, keine Tiefe der Gedanken; das Ergebnis wird trotzdem ein minderwertiges bleiben.

Bei all diesem Stückwerk unseres Wissens, bei diesem provisorischen Charakter der gefundenen Wahrheiten spricht man so viel von Weltanschauung. Ein gefährliches Wort, gefährlich besonders darum, weil jedermann überzeugt ist, eine richtige Weltanschauung zu besitzen, und daher diejenige des Nächsten für verkehrt hält. So viel Geister, so viel Weltanschauungen. Und was kennen wir von der Welt: doch nur den kleinen Ausschnitt, den unsere Sinne und unser Verstand uns zeigen. Was macht es aus gegenüber dem endlosen Raume, ob ich aus dem Fenster in den blühenden Garten hinausblicke oder das Auge auf die Milchstraße hefte mit ihren zahllosen Weltkörpern? Immer umspannt mein Blick einen winzigen Teil dieser Welt. Und wie wenig wüßten wir selbst davon, wenn wir keine Augen hätten. Der Sternhimmel würde nicht für uns existieren. Von der Sonne erführen wir nur etwas durch die erwärmende Kraft ihrer Strahlen; wie unvollkommen müßte unsere Vorstellung von ihr bleiben, wären wir auf diesen einen Sinn des Wärmegefühls beschränkt. Die ganze Fülle der irdischen Erscheinungen würde uns nur zu einem winzigen Bruchteile zugänglich, wenn wir des Gesichtssinns ermangelten. Wie weit würde da die Wahrheit gegen Irrtum und Dichtung zurückweichen. Dennoch dürften wir auch unter solchen Verhält-

Digitized by Google

nissen geneigt sein, von Weltanschauung zu sprechen; denn das Trachten nach Illusionen scheint uns untilgbar im Blute zu stecken.

Wir wollen uns an die Wirklichkeit halten und uns freuen, daß wir mit dem wunderbar feinen Empfindungsorgan des Auges ausgerüstet sind. Unter seiner Hilfe leuchtet unser Verstand in das Dunkel des Zusammenhangs der Dinge hinein. Ein Punkt nach dem anderen hellt sich auf, das ist sicher; allein bald ist die Grenze erreicht, und alles hinter dem Erkennbaren Liegende bleibt von dichten Schleiern umhüllt. Dies Bild ergänzen wir durch Dichtungen aller Art, und dann nennen wir es Weltanschauung.

Das Schlimmste ist, wir mögen wollen oder nicht, wir versuchen alle, uns eine solche Weltanschauung zu bilden. Wir können einfach nicht anders. Wenn wir alle dies tun, so liegt dafür wieder eine Entschuldigung in dem menschlichen Moment, von dem wir uns nicht losmachen können.

Doch fassen wir das Wort „Weltanschauung" so auf, wie es gewöhnlich gemeint ist, als Ansicht des kleinen, uns zugänglichen Bruchteils der Welt. „Das ist deine Welt!" ruft der Dichter uns zu. Eine solche Weltanschauung ist meistens sehr subjektiv gefärbt; was aber als gemeinsame Weltanschauung von vielen gepriesen wird, ist gewöhnlich nichts als ein Parteiprogramm, auf das eine Reihe von Leuten sich eingeschworen hat. Eine Weltanschauung läßt sich nicht erlernen, sondern nur erkämpfen. Man muß ringen und arbeiten und den Mut haben, sich des eigenen Verstandes zu bedienen. Man darf sich von Autoritäten nicht einschüchtern lassen; aber man soll die Autoritäten auch nicht mißachten. Das Ziel eines jeden sei, auf eigenen Füßen zu stehen.

Dennoch ist ein Trachten nach gemeinsamer und einheitlicher Weltanschauung berechtigt, weil es zwar viele Köpfe und Meinungen, aber nur eine Wahrheit gibt. Allein im Streben

Digitized by Google

nach der bestmöglichen Weltanschauung arbeiten viele nur darauf hin, eine Ansicht zu gewinnen, die sie selbst und ihre Vorurteile am meisten befriedigt; darin liegt eine Gefahr, hier sind die Klippen verborgen, an denen das Fahrzeug scheitert, das seinen Kurs auf die Wahrheit gerichtet hatte. Da wird geradezu die Befriedigung, das Behagen an scheinbarer Harmonie, ein im besten Falle schöner, erhabener Traum, mit der Wahrheit verwechselt, die vielleicht nur Enttäuschung und Unbehagen gebracht hätte. Man täusche sich daher nicht über den Wert einer sogenannten harmonischen Weltanschauung, die häufig genug nur ein geistiges Betäubungsmittel ist, die zu fragen vergißt, ob sie auf Wahrheit beruht oder auf Illusion. Gewiß sind die Leute der abgeschlossenen Weltanschauung die glücklichsten; und wem ein flacher Eudämonismus genügt, der schließe sich ihnen an. Denn der rücksichtslos gewissenhafte Idealismus, der zum Ziel nur die Wahrheit nimmt, wie sie auch sein mag, wird unfehlbar hinausgetrieben in das Meer der Zweifel und Anfechtungen, der Mühen und Sorge, und ungewiß ist sein Lohn.

Charakteristisch ist die Geringschätzung, mit der Adepten einer abgeschlossenen Weltanschauung auf fremde Ansichten hinabsehen. Da hat man selbst die richtige oder die höhere, der andere die verkehrte oder die niedrigere Weltanschauung. Daß solches Selbstbewußtsein berechtigt sein kann, will ich gar nicht bestreiten. Ich bin davon überzeugt, daß unsere Weltanschauung eine richtigere, bessere und höhere ist als die der Menschenfresser im Innern von Afrika. Allein hier wird es uns auch leicht, den objektiven Maßstab zu finden, durch dessen Anlegung unsere Ansprüche sich begründen lassen; während dies innerhalb der Wissenschaft gewöhnlich nicht der Fall ist, wo wir durch das Ausgehen von verschiedenen Voraussetzungen zu abweichenden Ergebnissen geführt und allzuleicht unduldsam gegen Andersdenkende werden.

Will man auf wissenschaftlichem Gebiete die Klassifikation

Digitized by Google

in höhere und niedere Weltanschauung nicht aufgeben, so sind für mich diese beiden Standpunkte gleichbedeutend mit Toleranz und Intoleranz. Wir sollen nicht Duldung üben gegen nachweisliche Fehler und Irrtümer, wir sollen erstere verbessern und letztere ausrotten; aber das, was wir für Fehler und Irrtümer ansehen, müssen wir dann auch als solche erweisen können. Vermögen wir das nicht, so ziemt uns von unserem Standpunkte aus nur die Duldung der Ansichten Andersdenkender, sofern wir Gewicht darauf legen, die höhere und edlere Weltanschauung zu besitzen.

Wir sind Kinder unserer Zeit, aus ihr können wir nicht heraus, so wenig wie aus unserer Haut. Darum müssen wir augenblicklich auch in der Wissenschaft Weltanschauungen fin de siècle haben — ich sage ausdrücklich Weltanschauungen, denn es gibt deren so viele, als es geistige Gesichtswinkel gibt. Wir müssen uns daran genügen lassen, in rastloser Arbeit nach der Wahrheit zu forschen, obgleich wir wissen, daß die volle Wahrheit ein Ideal bleiben wird; sie würde zusammenfallen mit einer absolut richtigen Weltanschauung.

Unter allen Umständen ist auch im Bereiche der Wissenschaft die Freiheit der Gedanken, der Überzeugung, unser höchstes Gut, das wir uns nicht verkümmern lassen wollen, aber auch niemandem verkümmern dürfen. Unduldsamkeit ist das Zeichen einer schlechten, nur durch äußere Machtmittel gestützten Sache; die Toleranz das Zeichen einer guten Sache, weil sie auf dem Fundamente der Gerechtigkeit ruht. Wer darf einen schlichten Landmann tadeln, weil er ein schönes Kornfeld für die schönste aller Landschaften hält? Der Mensch ist der Feind dessen, was er nicht versteht. Das ist in unserer Natur nur zu tief begründet. Allein er darf diese Feindschaft nicht in Verfolgung und Terrorismus ausarten lassen. Die Verfolgung überzeugungstreuer Männer ist die höchste Brutalität, welche die Geschichte kennt; die Hinrichtungen von Männern, wie Giordano Bruno, sind die schlimmsten Flecken im Gewissen der Menschheit.

Digitized by Google

Aber alle Wahrheit, die uns zu finden vergönnt ist, bleibt immer nur menschliche Wahrheit. Nur aus dem Vermögen des menschlichen Verstandes heraus können wir das Geschehen begreifen; insofern ist der Mensch das Maß aller Dinge — ein Satz, dessen unbedingte Anwendbarkeit ich sonst nicht zugebe. Den Maßstab der Erscheinungswelt tragen wir in uns selbst. Darum halte ich es für pharisäisch, wenn man immer wieder den Vorwurf erhebt, gewisse Anschauungen und Vorstellungen seien anthropomorph. Man zeige mir doch einmal eine Ansicht, die nicht anthropomorph wäre! Bis jetzt kenne ich keine.

Ein solcher Vorwurf läuft im allgemeinen darauf hinaus, daß einem Teil unserer Vorstellungen ein höherer Grad objektiver Gültigkeit zukommt, als anderen. So können wir zwischen realen und symbolischen Vorstellungen unterscheiden. Als Beispiel für erstere nenne ich die Begriffe: Buch, Tisch, menschlicher Körper; für letztere: Gott, Seele, Kraft, Materie, Atom. Da ergibt sich nun aus der Erfahrung die allgemeine Regel, daß den realen Vorstellungen gegenüber die Anschauung verschiedener Menschen meist nahezu übereinstimmt, während sie bei symbolischen Vorstellungen oft weit auseinandergeht. Aber gerade bei diesen symbolischen Vorstellungen hören wir so oft die Gelehrten einander den Vorwurf des Anthropomorphismus zuschleudern; ich sollte meinen, daß es der Wahrheit entspräche, gerade hier mit der Anwendung jenes Wortes vorsichtig zu sein, am wenigsten aber einen Vorwurf hineinzulegen.

Doch ich möchte kein Mißverständnis aufkommen lassen. Man glaube nicht, daß ich in den vorstehenden Bemerkungen über die Weltanschauungen den Stab brechen wollte. Ohne das, was man Weltanschauung nennt, kommen wir nicht aus; diese Abrundung unserer Vorstellungen entspricht einem tiefinneren Bedürfnis unseres Geistes. Darum sollen wir mit allem Ernst an unserer Weltanschauung arbeiten, sie hegen und pflegen als ein hohes geistiges Gut. Und mag sich der

Digitized by Google

Zusammenhang der Welt in den einzelnen Köpfen noch so verschiedenartig spiegeln, unser wachsendes Wissen wird jene Bilder immer ähnlicher gestalten und eine fortschreitende Annäherung an die Erkenntnis der Wahrheit herbeiführen, die als ideales Ziel unserer Forschung vorschwebt. Immer mehr Dissonanzen werden harmonisch sich lösen, die Zahl der Rätsel wird sich nach und nach vermindern; und wenn wir im Kampfe um die Wahrheit auch nur langsam vordringen und Terrain gewinnen, so nähern wir uns doch damit immer mehr einer Weltansicht, die nicht bloß den Besitz einzelner ausmacht, sondern an der viele als einem gemeinsamen Gute sich erfreuen können. Unsere Losung sei kämpfen und hoffen, und das rüstige Vorwärtsschreiten der Naturwissenschaft unser Trost.

Darum will auch dies Buch kein abgeschlossenes System geben, aus dem sich alles erklärt, eine Zauberwurzel, vor der die Riegel springen; es ist nichts als ein Versuch in dem säkularen Ringen der Menschheit nach Erkenntnis der Geheimnisse dieser Welt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Die Weltbühne.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kapitel 10.

Die Sonne.

Der Blick aus dem Fenster versetzte uns in das sprühende Leben des Frühlings. Überall grünt und blüht es und regt sich in froher Luft. Es sind Jubeltöne, mit denen die Natur erwacht aus dem langen Schlafe des Winters, mit denen Pflanzen und Tierwelt uns begrüßen. Felder, Wald und Blumen, die Vögel und Falter in der Luft, die Vierfüßer am Boden, die Fische im Wasser, und was sonst kriecht und fliegt und schwimmt, sie alle fordern ihren König, den Menschen, heraus, sich an ihnen zu freuen, sich mit ihnen zu beschäftigen, sie zu studieren. Und das tut der Mensch, nachdem er Interesse gewonnen hat an dem, was wir Wissenschaft nennen; während vorher Tiere und Pflanzen für ihn nur Wert hatten, soweit sie zur „Nahrung und Notdurft" ihm dienten. —

Wir haben uns nicht begnügt mit den Beobachtungsmitteln, mit denen die Natur selbst uns ausgerüstet hat, um die Sprache der Dinge zu vernehmen. Unsere Sinne werden gewaltig geschärft durch das Mikroskop; wir haben Methoden feinster Zergliederung ersonnen, um auch die kleinsten Teile der Körperwelt zu unterscheiden. Eine ganz neue, früher nicht einmal geahnte Welt hat sich erschlossen in Schriftzeichen, die wir allmählich lesen lernten. Die Methoden der Physik, der Chemie und der Mikroskopie wurden in den Dienst des Experimentes gestellt, und immer neue Tatsachen enthüllten sich dem fragenden Verstande. Noch stehen wir mitten drin in der Flut der Entdeckungen; vielleicht stehen uns

Digitized by Google

die größten Überraschungen noch bevor. Indessen wird diese Periode gesteigerten Erkennens einmal ihren Abschluß finden; und wenn uns heute ein Tier, eine Pflanze in tausendfacher Vergrößerung gleichsam durchsichtig vor dem geistigen Auge schwebt, so wird doch diese Durchleuchtung der Körperwelt mit dem Mikroskop und den Mitteln der Chemie unzweifelhaft einst eine Grenze erreichen.

Während wir durch das Mikroskop die irdischen Körper unserer Einsicht näher bringen, als die natürlichen Sinne es vermögen, und wir daher viel mehr zu unterscheiden imstande sind, als es z. B. Aristoteles möglich war, schwinden die Einzelheiten in dem Maße, als wir die beobachteten Gegenstände von unserem Auge abrücken lassen. Zwar ist das Fernrohr ein Werkzeug der Forschung, durch das wir, wenn auch mit geringerer Vergrößerung als durch das Mikroskop, Einzelheiten an Himmelskörpern unterscheiden, die das unbewaffnete Auge nicht wahrnimmt; indessen schon gegenüber den Fixsternen versagt dies Instrument; auch im Fernrohr erscheinen sie nur als Punkte größerer oder geringerer Leuchtkraft. Die Fixsterne sind zu weit entfernt, um eine Analyse durch das Fernrohr zu gestatten. Wenn wir uns in der Phantasie auf einen ganz fernen Beobachtungsposten gestellt denken, so würde auch die Erde zuletzt im Fernrohr als ein Pünktchen erscheinen, an dem sich keine Teile mehr unterscheiden lassen, als ein Stäubchen, das durch den unermeßlichen Raum dahinschwebt. Auch unter diesem Gesichtspunkt sehen wir die Naturerscheinungen in Abhängigkeit geraten von unserer Fähigkeit der Wahrnehmung. Kennen wir doch von der Weltbühne überhaupt nur den Ausschnitt, welchen unser Auge umfaßt. —

Die kosmologische Hypothese, welche, da zwei große Denker unabhängig voneinander auf sie hingeführt wurden, den Namen der Kant-Laplaceschen trägt, geht davon aus, daß anfänglich unser Sonnensystem aus staubartig feinen Teilen bestand, die auch bei Anwendung der stärksten

Digitized by Google

mikroskopischen Vergrößerung noch als Staub erscheinen würden; was vor diesem Anfange bestand, läßt die Hypothese unerörtert. Dieser Nebel hat sich zur Sonne zusammengeballt. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme erhöht sich dadurch, daß außerhalb unseres Sonnensystems solche kosmischen Staubwolken auch heute noch in den Himmelsräumen nachweisbar sind.

Die Fixsterne sind Sonnen, unsere Sonne ist der uns nächste und darum der Erkenntnis zugänglichste Fixstern. Sie durchläuft den Raum wie es scheint geradlinig mit einer Geschwindigkeit von 30 Kilometern in der Sekunde. Die Sonne ist auch die Lenkerin der Planeten, welche sie in immer gleichbleibenden Bahnen umkreisen. An die Namen von Kepler, Copernicus, Galilei und Newton knüpft sich unsere Kenntnis der Mechanik dieser Bewegungen, die wir genau zu berechnen vermögen.

Allein eine, ich möchte sagen intimere Vorstellung über das Wesen der Himmelskörper wurde erst durch die Möglichkeit ihrer chemischen Analyse erschlossen, durch die Spektralanalyse, deren Methode von Kirchhoff und Bunsen begründet worden ist. Zwar wußte man längst, daß die Planeten und ihre Trabanten, die Monde, kalte Körper sind, welche am Nachthimmel nur das von der Sonne empfangene Licht zurückspiegeln, während aus der leuchtenden und wärmenden Kraft der Sonne auf deren glühenden oder feurigen Zustand geschlossen werden durfte. Allein erst die Spektralanalyse hat uns einen tieferen Einblick in die Struktur der Sonne zu geben vermocht. Es gehört zu den genialsten Gedanken, die von Menschen gefaßt wurden, das von einem Körper ausgesandte Licht zu benutzen, um ihn chemisch zu untersuchen.

Die Natur des Lichtes bietet dazu die Handhabe. Es war Newtons Verdienst, das farblose, oder, wie wir gewöhnlich sagen, weiße Licht der Sonne als ein Gemenge verschiedener Lichtarten nachzuweisen und durch einen einfachen Handgriff

Digitized by Google

uns die Kunst zu lehren, dies Gemenge in seine Bestandteile zu zerlegen. Die Wissenschaft hat die Methode Newtons sowohl in technischer wie in theoretischer Hinsicht ergänzt, und ihre Untersuchungen haben zu nachstehenden Vorstellungen geführt.

Wenn ein Sonnenstrahl den von durchsichtigen Substanzen erfüllten Raum durcheilt, so wird er von seiner gradlinigen Bahn abgelenkt, sobald die Dichtigkeit dieser durchsichtigen Medien sich ändert. Eine solche Ablenkung, oder, wie man gewöhnlich sagt, Brechung, tritt beispielsweise ein bei dem Übergang eines Lichtbündels aus Luft in Wasser, aus Wasser in Glas, aus Glas in Luft u. s. w., weil alle diese Körper eine verschiedene Dichtigkeit besitzen. In Medien verschiedener Dichtigkeit ist nämlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes verschieden groß; ein Lichtstrahl durcheilt während einer Sekunde in Luft 300000, in Wasser nur 225000 Kilometer. Wenn man nun dem brechenden Körper die Gestalt eines Keils gibt, beispielsweise einen Glaskeil, wofür der Name Prisma üblich ist, in die Bahn eines die Luft durchsetzenden Sonnenstrahls einschaltet, so erhält man folgende Erscheinung.

Der farblos in das Prisma eintretende Strahl bildet nach seinem Austritt einen farbigen Strahlenfächer, den man sichtbar machen kann, wenn man Rauch oder feinen Staub in der Luft verteilt; an und für sich sind alle Strahlen unsichtbar, wenn sie nicht auf reflektierende Körper auffallen. Jedes Staubteilchen oder Rauchbläschen bildet in der Luft einen kleinen Spiegel. Man kann aber den Querschnitt des ganzen bunten Fächers, dessen Strahlen immer weiter divergieren, je weiter sie sich vom Prisma entfernen, in bequemer Weise dadurch sichtbar machen, daß man eine mattspiegelnde Fläche einschiebt, z. B. ein Stück weißes Papier. Dann erscheint auf dieser Fläche ein farbiges Band, welches man Sonnenspektrum genannt hat. Es gleicht einem Stück Regenbogen, es zeigt dieselben Farben in der gleichen Reihenfolge;

Digitized by Google

denn der Regenbogen ist nichts als ein Sonnenspektrum, das in etwas anderer Weise durch die Brechung der Regentropfen erzeugt worden ist — wie es überhaupt verschiedene Wege gibt, um das Spektrum eines Lichtbündels herzustellen.

Um ein Spektrum mittelst eines Prisma zu entwerfen, muß man das Zimmer durch Fensterläden verdunkeln und das Lichtbündel durch ein Loch im Laden einfallen lassen. Man hat die Trennung der Farben in hohem Grade dadurch vervollkommnet, daß man diesem Loche im Laden die Gestalt eines schmalen, einige Centimeter hohen und zur brechenden Kante des Prisma parallel stehenden Spaltes gibt. Das Prisma wird dann ziemlich entfernt vom Spalt aufgestellt und in ganz bestimmtem Abstande vom Spalt zwischen diesen und das Prisma eine Glaslinse eingeschaltet, wie man sie für photographische Apparate benutzt, um die Bilder zu photographierender Gegenstände auf die Platte zu bringen. Mittelst solcher Linse entwirft man ein scharfes Bild des Spalts auf den Papierschirm. Läßt man das Prisma fort, so erscheint das Spaltbild gerade so, wie es im photographischen Apparat erscheinen würde. Schaltet man aber in die Bahn des durch den Spalt in das verdunkelte Zimmer fallenden Lichtbandes das Prisma ein, so erhält man auf dem Schirm als Bild das Spektrum, ein Stück Regenbogen von äußerster Reinheit und schärfster Sonderung der Farben.

Die Entstehung dieses Spektrums mit seinen roten, gelben, grünen, blauen und violetten Farben findet darin seine Erklärung, daß durch den Einfluß des Prisma statt *eines* farblosen Spaltbildes äußerst viele, farbige Spaltbilder entstanden sind, die alle nebeneinander liegen und dadurch das Farbenband des Spektrums erzeugen. Diese farbigen Strahlen müssen alle in dem weißen Strahlenbündel enthalten gewesen sein, welches durch den Spalt in das Zimmer fiel. Daß dem so ist, wird durch einen einfachen Versuch bewiesen. Wenn man das Spektrum statt auf einem Papierschirm mit der Oberfläche einer hinreichend großen Konvexlinse auffängt, so

Digitized by Google

kann man durch letztere die im Spektrum zerstreuten Strahlen wieder zu einem farblosen Spaltbilde sammeln.

Wodurch hat das Prisma die Trennung der verschiedenen Lichtarten des Sonnenlichtes bewirkt? Dies mußte geschehen, weil jene Lichtarten *verschieden* brechbar sind, d. h. durch den brechenden Einfluß des Glases um einen verschieden großen Winkel von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden. Am wenigsten gebrochen werden die roten Strahlen, stärker die gelben, noch stärker die grünen und blauen, am stärksten die violetten. Da aber die farbigen Regionen des Spektrums allmählich ineinander übergehen, so müssen wir eine viel größere Zahl von Lichtarten annehmen, als durch die Farbenbezeichnung der Sprache ausgedrückt werden kann. Wir wollen aber der Kürze wegen nur von den Hauptfarben sprechen.

Es ist klar, daß das im farblosen Strahlenbündel steckende blaue Spaltbild weiter abgelenkt werden mußte, als das grüne, dieses weiter als das gelbe und besonders als das rote, so daß alle farbigen Spaltbilder *nebeneinander* fallen, während sie im weißen Spaltbilde, das ohne Prisma erzeugt wird, *übereinander* fallen und sich dadurch in ihrer Wirkung auf unser Auge zu weiß vereinigen. Das Spektrum besteht danach aus der Summe der nebeneinander gefallenen farbigen Spaltbilder.

Nach den Lehren der Physik pflanzen alle Lichtstrahlen sich in dem nämlichen Medium mit gleicher Geschwindigkeit und in wellenförmiger Bewegung fort; um von der Sonne zu uns zu gelangen, braucht das Licht acht Minuten; vom Polarstern bis zur Erde 35 Jahre. In dieser Wellenbewegung schwingt das Licht mit unglaublicher Geschwindigkeit transversal zur Strahlrichtung hin und her, und diese Transversalschwingungen sind verschieden bei den verschiedenen Arten von Strahlen. Sie sind am wenigsten zahlreich in der Sekunde bei den roten Strahlen, am geschwindesten bei den violetten; die übrigen stehen dazwischen in der Reihenfolge,

Digitized by Google

welche sie im Spektrum einnehmen. So hat man für das äußerste Rot ungefähr 400 Billionen Schwingungen in der Sekunde berechnet, für das Violett 700 Billionen, Zahlen, von denen wir uns keine Vorstellungen machen können; aber je höher die Schwingungszahl eines Lichtstrahls ist, um so stärker wird derselbe durch den brechenden Körper abgelenkt.

Diese Verschiedenheit der Sonnenstrahlen in Brechbarkeit und Schwingungszahl bildet ihre wesentlichen physikalischen Unterscheidungsmerkmale. Die Farben können wir dahin nicht rechnen, sie sind subjektive Erscheinungen; Erregungen unseres Sehnerven, die im Gehirn den Eindruck von rot, grün u. s. w. hervorrufen. Sie sind in uns entstandene Zeichen für das, was in der Außenwelt vor sich geht. Diese Zeichen sind zwar durch die Vorgänge selbst ursächlich bedingt; allein wir können immer nur sagen, daß ein Körper rot oder grün aussieht, nicht daß er rot oder grün ist. Hier gehen Erscheinung und Wirklichkeit auseinander. Dennoch sind uns die Farben die wichtigsten und feinsten Unterscheidungsmerkmale der Außenwelt. Sehen wir rote und gelbe Blumen auf einer grünen Wiese, so wissen wir, daß die roten Blumen Lichtstrahlen aussenden von der Brechbarkeit a, die gelben von der Brechbarkeit b, die grünen Blätter aber von der Brechbarkeit c. Wenn wir umgekehrt Strahlen künstlich herstellen von der Brechbarkeit b, so wissen wir im voraus, daß diese in einem gesunden Auge mit Sicherheit die Erregung gelb hervorrufen; nur ein farbenblindes Auge würde sich dieser Notwendigkeit nicht fügen.

Die uns farbig erscheinenden Körper senden also Strahlen verschiedener Brechbarkeit aus. Das können wir unmittelbar nicht wahrnehmen, sondern nur durch das Experiment erweisen. Die verschieden brechbaren Strahlen gehören zur unmittelbaren Sprache der Dinge. Wenn sie unserem Auge als Farben erscheinen, so bilden diese Farben die unseren Sinnen, unserer Wahrnehmung verständliche Übersetzung

Digitized by Google

jener Sprache. Die Farben sind also eine indirekte Sprache der Körperwelt; sie sind Zeichen, in denen jene sich uns offenbart, wobei unser Auge den Dolmetscher spielt.

Aber Sinnestäuschungen begegnen nicht nur dem farbenblinden, sondern auch dem gesunden Auge. Gerade im Gebiete der Farbenunterscheidung lauern sie überall auf uns. Ich gehe etwas näher darauf ein, weil das Gebiet des Farbensehens für die Theorie der Wahrnehmung so überaus lehrreich ist.

Nicht nur die Sonne, sondern auch die Oberfläche aller irdischen Körper spricht durch Lichtstrahlen zu unserm Auge, die uns als Farben erscheinen. Diese Farben der Körper können auf ganz verschiedenem Wege zustande kommen. Entweder sind sie dem Körper eigentümlich und von der Sonne ganz unabhängig, oder sie werden erst durch die Sonne erzeugt.

Die erste Art von Farben zeigen uns glühende Substanzen. So erscheint schwächer glühendes Eisen rot, stärker glühendes und namentlich geschmolzenes Eisen weiß, wie die Sonne selbst. Dabei ergibt sich, daß alle festen und flüssigen glühenden Körper durch ein Prisma betrachtet ein Spektrum liefern, welches wie das der Sonne aus einem zusammenhängenden, farbigen Bande besteht, in welchem die Farben, der Brechbarkeit der Strahlen entsprechend, ganz wie im Sonnenspektrum aufeinander folgen. Allein durch gewaltige Hitze gelingt es, auch die Metalle in Dampf zu verwandeln, und solche glühenden Dämpfe zeigen ein durchaus anderes Spektrum. Dasselbe ist nicht ein zusammenhängendes Band, welches die ganze Farbenskala umfaßt, sondern das Spektrum eines Dampfes besteht aus einem System feiner, unter sich paralleler, doch voneinander getrennter Linien. Jede dieser Linien leuchtet in einer besonderen Farbe, jede ist ein farbiges Spaltbild, durch einen lichtlosen Zwischenraum von den Nachbarlinien getrennt. Diese Beschaffenheit rührt daher, daß den Spektren der Dämpfe die den lichtlosen Intervallen

Digitized by Google

entsprechenden Strahlen fehlen, daß also Strahlen einer solchen Brechbarkeit von den Dämpfen nicht ausgesendet werden. Wie Dämpfe verhalten sich auch die Gase, wenn man sie zum Glühen bringt; so besteht das Spektrum glühenden Wasserstoffs oder Stickstoffs aus einer großen Zahl getrennter, farbiger Linien.

Von ungemeiner Wichtigkeit ist, daß jedes chemische Element ein charakteristisches, von dem der anderen Elemente abweichendes Linienspektrum zeigt. Man kann daher die Elemente im glühend dampfförmigen Zustande nach ihren Spektren voneinander unterscheiden. So besteht beispielsweise das Spektrum des glühenden Eisendampfes aus einer großen Zahl verschiedenfarbiger Linien, die verschiedenen Regionen des Sonnenspektrums entsprechen, deren Brechbarkeit sich aber aus der Stelle, die sie im Vergleich mit dem kontinuierlichen Sonnenspektrum einnehmen, genau bestimmen läßt. Die Spektra der Dämpfe anderer Metalle bestehen dagegen nur aus ganz wenigen Linien. So zeigt das Spektrum des Natrium-Dampfes nur zwei, dicht nebeneinander liegende, orangegelbe Linien, welche einer bestimmten Stelle des orangefarbenen Lichtes im kontinuierlichen Spektrum entsprechen, mag letzteres aus dem Sonnenlicht oder von einem glühenden, doch nicht dampfförmigen irdischen Körper herrühren; jede leuchtende Kerzen- oder Gasflamme gibt ein solches kontinuierliches Spektrum, weil in dieser Flamme feste, glühende Kohlenpartikel schweben, die das Leuchten verursachen. Der glühende Natriumdampf sendet also lediglich Strahlen von ganz begrenzter Brechbarkeit aus, die im Spektroskope, d. h. dem zur Beobachtung der Spektra dienenden Instrumente, als zwei dicht nebeneinander liegende orangegelbe Spaltbilder erscheinen. Um diese Farbe des Natriumlichtes zu erkennen, bedarf es nicht einmal des Spektroskops, es genügt dafür unser unbewaffnetes Auge. Wenn wir in die sehr heiße, aber nicht leuchtende Flamme eines Bunsenschen Gasbrenners etwas Natriumsalz bringen, so verdampft

Digitized by Google

dasselbe und gerät sogleich in Glut; die Folge ist, daß die Flamme sich orangegelb färbt, weil Strahlen anderer Brechbarkeit vom Natrium nicht ausgesandt werden. In ähnlicher Weise läßt die Flamme des Bunsenbrenners durch Lithiumsalz sich schön rot färben; die bengalischen Flammen beruhen auf diesem Prinzipe.

Auf die Tatsache, daß die Dämpfe der Elemente ein verschiedenes Linienspektrum zeigen, gründet sich die Methode der Spektralanalyse, welche für den Fortschritt des Naturerkennens von so großer Bedeutung geworden ist.

Wie steht es nun aber um die Farben irdischer Körper, die nicht selbst leuchten, sondern die ihr Licht von der Sonne oder von anderen Lichtquellen erhalten, die wir daher im Dunkeln nicht sehen können?

Solche Körper zerfallen wieder in zwei Gruppen, die eine gesonderte Betrachtung erfordern: in durchsichtige und undurchsichtige.

Durchsichtige farbige Körper sind z. B. farbige Glasplatten, auch grüne Blätter, wenn sie hinlänglich zart sind, endlich Lösungen von Farbstoffen in Flüssigkeiten.

Um das Zustandekommen der Farbe solcher durchscheinenden Substanzen zu verstehen, müssen wir von farblosen durchsichtigen Körpern ausgehen, wie es z. B. das Fensterglas ist.

Durch das Fensterglas dringt weißes Sonnenlicht in das Zimmer, mag es direkt von der Sonne kommen oder von Wolken reflektiert werden, es ist das gleichgültig für unsere Betrachtung. Von diesem Lichte wissen wir, daß es, obgleich es in uns die Empfindung von Weiß erregt, doch aus Strahlen aller möglichen Brechbarkeit besteht, die durch ein Prisma gesondert farbig erscheinen würden. Wir können uns das weiße Licht immer als ein Bündel farbiger Strahlen denken. Das Fensterglas aber erscheint farblos, weil es alle diese farbigen Strahlen in gleichem Maße hindurchläßt, so daß das Licht hinter der Glasplatte ebenso zusammengesetzt

Digitized by Google

ist, wie es vor der Glasplatte war, und daher in beiden Fällen unserem Auge weiß erscheinen muß.

Ersetzen wir die Fensterscheibe durch eine Platte aus rotem Rubinglas, so ist vor der Platte weißes Licht, hinter der Platte aber Licht, das unsern Sinn zur Wahrnehmung von rot erregt. Analysieren wir dies rote Licht durch ein Prisma, so zeigt sich, daß es im wesentlichen nur aus roten Strahlen besteht. Durch die Substanz des Glases sind also sämtliche übrige farbigen Strahlen des Sonnenlichts ausgelöscht, wir sagen absorbiert worden. Weil das rote Rubinglas die blauen, grünen und gelben Strahlen des Sonnenlichts verschluckt, erscheint hinter demselben lediglich das hindurchgelassene rote Licht. Aus gleichen Gründen würde blaues Glas nur blaue Strahlen hindurchlassen, die übrigen jedoch absorbieren. Hierbei stellt sich aber heraus, daß unser Auge lange nicht empfindlich genug ist, um alle Lichtarten wahrzunehmen, die in der Natur auf uns einwirken, und die uns durch das Spektroskop enthüllt werden.

Um das zu zeigen, wollen wir zwischen das Sonnenlicht und unser Auge ein grünes Pflanzenblatt einschalten. Das Blatt erscheint im durchfallenden Licht ebenso grün gefärbt wie im auffallenden. Nur können wir seine Durchsichtigkeit bedeutend erhöhen, wenn wir die Luft in seinem Innern unter der Luftpumpe durch Wasser ersetzen.

Wird das unserm Auge grün erscheinende Licht, das von einem solchen Blatte durchgelassen wird, der Analyse durch ein Spektroskop unterworfen, so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß das Spektrum dieses Lichtes keineswegs bloß grün ist, sondern auch Strahlen der Brechbarkeit des Rot, des Gelb, des Blau und des Violett enthält, kurz, es läßt sich ein ganzes Sonnenspektrum damit entwerfen, in welchem nur einzelne Regionen mehr oder weniger verdunkelt erscheinen.

Die Farbe der Blätter beruht auf einem grünen Farbstoffe, dem Chlorophyll. Derselbe läßt sich mit Alkohol aus-

Digitized by Google

ziehen, wobei die Blätter ganz farblos werden. Eine solche Chlorophyllösung läßt sich in einem Glasgefäß mit planparallelen Wänden weit bequemer spektroskopisch untersuchen, als das Blatt selbst, mit dem sie in der Farbenwirkung übereinstimmt; im durchfallenden Licht erscheint solche Lösung heller oder dunkler grün, je nachdem man sie verdünnter oder konzentrierter zur Anwendung bringt.

Man sollte meinen, daß eine solche Lösung alle Strahlen auslöscht mit Ausnahme des Grün, welches in unser Auge gelangt. Doch dem ist nicht so. Schalte ich eine Chlorophyllösung in den Gang der Sonnenstrahlen ein, welche durch den Spalt in das Spektroskop gelangen, so erhalte ich ein Sonnenspektrum, in welchem diejenigen Strahlen fehlen, die vom gelösten Chlorophyll absorbiert wurden. Ein solches Spektrum heißt im Gegensatz zum ungeschwächten Sonnenspektrum ein Absorptionsspektrum. Die genaue Untersuchung des Absorptionsspektrums einer verdünnten Chlorophyllösung ergibt, daß das äußerste, tiefste Rot fast ungeschwächt hindurchgeht, dagegen das hellere Rot stark absorbiert wird; von dort fällt der Grad der Absorption im Orange und Gelb bis zum Grün, welches sehr wenig absorbiert wird, um in Blau und Violett wieder anzuwachsen, doch werden auch noch Strahlen dieser Farben hindurchgelassen. Eine konzentrierte dunkelgrüne Lösung zeigt dagegen alles Licht absorbiert mit Ausnahme des äußersten Rot und des Grün.

Wenn trotz dieses eigentümlichen Absorptionsspektrums die Lösung im Auge einen rein grünen Eindruck hervorruft, so beweist dies, daß der Vorgang des Farbensehens der Kontrolle durch das Spektroskop bedarf, wenn man daraus auf die Brechbarkeit der wirklich vorhandenen Strahlen schließen will.

Ziehen wir zunächst die dunkelgrüne Lösung in Betracht. Das von derselben durchgelassene Licht erscheint unserm Auge rein grün; die Analyse ergibt indessen, daß es außer den grünen auch noch einen beträchtlichen Teil der roten Strahlen

Digitized by Google

des Sonnenlichtes enthält. Wie kommt es, daß wir dies rote Licht nicht sehen? Die Erklärung dafür liegt in der verschieden großen Reizbarkeit unseres Sehnerven für die verschiedenen Strahlen des Spektrums. Die grünen Strahlen erregen eine verhältnismäßig große Helligkeitsempfindung, während unsere Empfindlichkeit für das äußerste Rot eine geringe ist. Wirken Grün und dies Rot nebeneinander auf unser Sinnesorgan, so ist der vom Grün ausgeübte Reiz ein so starker, daß daneben der vom Rot bewirkte Reiz gar nicht zur Wirkung gelangt; im Kontrast zwischen dem hellen Grün und dem wenig hellen Rot verschwindet letzteres für unsere Wahrnehmung ganz, und wir müssen das Licht erst durch ein Prisma zerlegen, um jenes Rot nachweisen zu können. Ähnlich ist die Wirkung des Grün in der verdünnten Chlorophyllösung, wo es durch seine Helligkeit sogar die vorhandenen Strahlen der sämtlichen übrigen Farben verschwinden macht.

Nicht anders verhält es sich mit den meisten einfarbig durchscheinenden Körpern. So enthält das durch gelbes und grünes Glas gegangene Licht noch Strahlen verschiedener anderer Farben, die aber durch Absorption geschwächt sind. Eine hellleuchtende Farbe tötet durch ihre Kontrastwirkung die Wirkung der schwächer leuchtenden Strahlen, welche ihr beigemischt sind. Entzieht uns doch bei Tage das helle Sonnenlicht auch den Anblick der Sterne.

Die optischen Eigenschaften der Chlorophyllösung sind hiermit nicht erschöpft. Wenn man eine solche Lösung nicht im durchfallenden, sondern im auffallenden Lichte betrachtet, so erscheint sie nicht grün, sondern blutrot. Sie sendet dann eigene Strahlen aus, wie ein selbstleuchtender Körper. Dies rote Licht nennt man Fluoreszenzlicht. Die Fluoreszenz ist eine keineswegs auf das Chlorophyll beschränkte Erscheinung, wenn sie hier auch in besonderer Schönheit hervortritt. Es gibt zahlreiche flüssige und feste Substanzen, die in verschiedenen Farben fluoreszieren; so besitzt z. B. das Petroleum eine

Digitized by Google

schwache, bläuliche Fluoreszenz. Das Chlorophyll fluoresziert aber bloß in Lösung; die Blätter sehen im auffallenden Lichte nicht rot, sondern grün aus, weil das Chlorophyll in ihnen als fester Körper vorhanden ist.

Das Fluoreszenzlicht unterscheidet sich vom Lichte selbstleuchtender Körper eigentlich nur dadurch, daß es zu seiner Entstehung erst des Auffallens anderen Lichtes bedarf, daß es also im Dunkeln nicht vorhanden ist. Immerhin ist es aber ein Licht, das die betreffende Substanz selbst aussendet, die sich verhält, als würde sie durch das auffallende Licht zum Glühen gebracht. Dies Licht läßt sich auch spektroskopisch auf seine Brechbarkeit untersuchen. So ergibt sich für das Chlorophyll, daß dessen rotes Fluoreszenzlicht nicht etwa übereinstimmt mit dem Rot, welches die Substanz hindurchläßt, sondern es erweist sich vielmehr identisch mit jenem anderen helleren Rot, das gerade vom Chlorophyll am stärksten absorbiert wird und schon von verdünnten Lösungen desselben nicht durchgelassen wird.

Dieser Umstand, daß das Chlorophyll in der Fluoreszenz gewisse rote Strahlen aussendet und die gleichen Strahlen besonders energisch absorbiert, wenn Sonnenlicht durch seine Lösung oder durch ein grünes Blatt hindurchgeht, ist nur der besondere Fall einer allgemeinen Erscheinung. Dieselbe ist von der allergrößten Bedeutung für die Spektralanalyse, weil durch sie diese Methode geeignet wird, uns über die chemische Zusammensetzung der Sonne und der Fixsterne Aufschluß zu geben. Ich weise hier nur vorläufig darauf hin, weil ich erst später darauf eingehen möchte.

Vorher haben wir uns noch über das Zustandekommen der Farben undurchsichtiger Körper Rechenschaft zu geben.

Wir können als Beispiel wieder die grünen Blätter nehmen. Sie verhalten sich wie Spiegel aus grünem Glase, d. h. das auffallende weiße Sonnenlicht werfen sie als grünes Licht in unser Auge. Das Sonnenlicht muß also auch bei seinem Auffallen einen Teil seiner Strahlen durch Absorption

Digitized by Google

an die Blätter abgeben. Dies von den Blättern reflektierte Licht ist ebensogut der spektroskopischen Prüfung zugänglich, wie das durch eine Chlorophyllösung hindurchgegangene, und es ergibt sich, daß es das gleiche Absorptionsspektrum besitzt, wie jenes; daraus müssen wir schließen, daß der grüne Farbstoff der Blätter es ist, welcher einen Teil des auffallenden Sonnenlichtes verschluckt. Wir haben uns den Vorgang so zu denken, daß das Sonnenlicht wenigstens zum großen Teil erst im Innern der Blattsubstanz, nachdem es bis zu einer gewissen Tiefe in dieselbe eingedrungen war und hierbei durch das Chlorophyll die charakteristische Absorption erlitten hatte, zurückgeworfen wurde und so in unser Auge gelangte.

Ähnlich verhalten sich alle farbigen Körper zum auffallenden Sonnenlicht. Ein Teil desselben wird allerdings an der Oberfläche unzersetzt gespiegelt; der größere Teil dringt aber ein wenig in die Substanz des farbigen Stoffes ein und wird erst reflektiert, nachdem er durch Absorption einen Teil seiner Strahlen verloren hat, so daß die am wenigsten geschwächten Spektralfarben auf das Auge den Eindruck machen, als wären sie allein vorhanden. Im Gegensatz dazu reflektiert ein Bogen weißes Papier das Sonnenlicht, ohne es durch Absorption zu verändern, während ein schwarzer Körper alles Licht gleichmäßig verschluckt und auslöscht.

Wie das Auge außerstande ist, ohne Hilfe eines Prisma zu erkennen, ob die (scheinbare) Farbe eines Körpers wirklich nur aus Strahlen derjenigen Brechbarkeit besteht, welche der betreffenden reinen Spektralfarbe entsprechen, oder ob derselben, wie im Blattgrün, noch ganz andere Strahlen beigemischt sind, so ist es für viele Strahlen überhaupt nicht empfänglich. Wenn wir nach den vollkommensten Methoden ein Sonnenspektrum im Dunkelzimmer entwerfen, so besteht dasselbe nur etwa zum dritten Teil aus leuchtenden und darum sichtbaren Strahlen, während zwei Drittel der Ausdehnung dieses Spektrums für unser Auge nicht sichtbar sind. Ein solches Spektrum wird nicht hergestellt durch ein Prisma,

Digitized by Google

sondern durch ein in Metall geritztes Beugungsgitter, während ein silberner Hohlspiegel zum Projizieren der Spaltbilder dient.

Es sind also in der Sonne auch dunkle Strahlen vorhanden, und zwar weit mehr als leuchtende. Ein Teil dieser dunklen Strahlen ist weniger brechbar als das äußerste Rot, darum nennt man sie ultrarote Strahlen; ihre Schwingungszahlen sind zu niedrig, um unsern Sehnerven zu erregen, doch machen diese Strahlen sich durch Wärmewirkung bemerkbar. Die zweite Gruppe der dunklen Strahlen ist stärker brechbar als das Violett, sie schwingen zu schnell, um gesehen zu werden, auch besitzen sie sehr geringe erwärmende Kraft; dafür wirken diese ultravioletten Strahlen energisch auf eine photographische Platte. Photographieren kann man freilich das ganze Spektrum, auch seinen leuchtenden und ultraroten Bestandteil; doch wird Chlorsilber, das nicht weiter präpariert ist, nur durch die violetten und ultravioletten Strahlen mit Leichtigkeit geschwärzt.

Unser Auge ist daher ein Instrument, das nur für die Wahrnehmung von Strahlen mittlerer Brechbarkeit gestimmt ist, und diese Strahlen allein sind es, die wir als Licht unterscheiden, da von dunklem Licht zu reden nicht üblich ist. Indessen würde sich physikalisch gegen diese Erweiterung des Begriffes Licht kaum etwas einwenden lassen, weil die leuchtenden Strahlen von den nichtleuchtenden sich objektiv nur durch ihre Brechbarkeit unterscheiden.

Mit vorstehenden Angaben sind die interessanten Eigenschaften des Sonnenspektrums keineswegs erschöpft; doch soll hier nur noch auf eine besonders wichtige Erscheinung eingegangen werden.

Mögen wir ein prismatisches Sonnenspektrum betrachten oder mit dem Gitter ein sogenanntes Beugungsspektrum entwerfen, immer sehen wir in demselben eine große Anzahl feiner schwarzer Linien, welche es senkrecht zu seiner Längsausdehnung durchsetzen, gewissermaßen die Farben unterbrechend. Diese Linien, die den Namen der Fraunhoferschen

Digitized by Google

Linien führen, sind in der Tat nichts anderes als feine, dunkle Spaltbilder, Spaltbilder, in denen die betreffenden Lichtstrahlen fehlen. Denn das Spektrum setzt sich zusammen aus einer Reihe von Spaltbildern, von denen jedes einer Strahlenart von besonderer Brechbarkeit entspricht. Die Fraunhoferschen Linien beweisen somit, daß an vielen Stellen im Sonnenspektrum Lichtstrahlen fehlen, die eigentlich da sein sollten, und die auch in jedem Spektrum einer Kerzen- oder Gasflamme sich finden; denn den Spektren der irdischen Lichtquellen fehlen die Fraunhoferschen Linien vollständig. Dadurch entsteht die Frage, ob nicht das Sonnenspektrum im Vergleich zum Spektrum einer Kerze ein Absorptionsspektrum ist, und die Tatsachen haben diese Vermutung bestätigt.

Woher rühren nun jene Lücken, jene linienförmigen Absorptionen im Sonnenspektrum?

Die Beantwortung dieser Frage ist gelungen und von der größten Bedeutung für die Erforschung der Himmelskörper geworden. Sie beruht auf der allgemeinen Tatsache, daß eine Substanz Lichtstrahlen der gleichen Brechbarkeit absorbiert, welche sie auszusenden vermag, wovon der oben erwähnte Zusammenhang zwischen dem Fluoreszenzlicht einer Chlorophyllösung und ihrem Absorptionsmaximum im Rot einen Spezialfall bildet.

Man ist imstande, durch Absorption Fraunhofersche Linien im sonst völlig kontinuierlichen Spektrum einer Kerze oder eines Glühlichts künstlich hervorzurufen. Zu dem Ende bringt man zwischen die Kerze und den Spalt des Spektroskops eine Schicht glühender Natriumdämpfe, wie man sie durch Einführung von Kochsalz in die Flamme des Bunsenbrenners erhält. Alsdann tritt im Glühlichtspektrum eine feine dunkle Doppellinie auf, die nach ihrer Lage im Orange genau der Fraunhoferschen Doppellinie D des Sonnenspektrums entspricht. „Diese Erscheinungen finden eine leichte Erklärung in der Annahme, daß die Natronflamme eine Absorption ausübt auf Strahlen von der Brechbarkeit derer, die sie selbst

Digitized by Google

aussendet, für alle anderen aber ganz durchsichtig ist," sagt Kirchhoff, der Entdecker dieser Erscheinung. Denn die Fraunhofersche Doppellinie entspricht auch genau der hellen Doppellinie im Orange, welche das einzige vom glühenden Natriumdampf ausgesandte Licht bildet.

Es hat sich dann weiter ergeben, daß die hellen farbigen Linien des Spektrums anderer Metalldämpfe, z. B. des Lithiums, des Calciums, des Magnesiums, des Eisens, dadurch in dunkle Linien gleicher Brechbarkeit verwandelt werden können, daß man ein helles weißes Licht durch diese Dämpfe hindurchscheinen läßt und davon ein Spektrum entwirft; zugleich konnte die Übereinstimmung dieser „Metallinien" mit gewissen Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum durch sorgfältige Messungen festgestellt werden. Danach hat sich unsere Vorstellung vom Sonnenlicht folgendermaßen gestaltet.

Der eigentliche innere Kern der Sonne besteht aus einem flüssigen oder festen Körper von ungeheurer Glut, der von einer Hülle glühender Dämpfe umgeben ist. Diese Dämpfe der Sonnen-Atmosphäre bestehen aus einem Gemenge zahlreicher chemischer Elemente. Als eigentlicher Quell der Ausstrahlung ist der Sonnenkern anzusehen. Für seine Strahlen ist die Hülle durchlässig in den Zwischenräumen zwischen ihren eigenen Spektrallinien. Wo aber solche Spektrallinien in der Hülle liegen, da werden die Strahlen des Sonnenkerns absorbiert und ausgelöscht; in dem zu unserer Erde gelangenden Sonnenlicht fehlen diese absorbierten Strahlen, die betreffenden Stellen im Sonnenspektrum erscheinen lichtlos: als Fraunhofersche Linien.

Weil die Fraunhoferschen Linien durch ihre Lage sich als identisch nachweisen lassen mit den Spektrallinien zahlreicher auf der Erde vorhandener Elemente, so ist daraus zu schließen, daß diese Elemente auch in der Dampfhülle der Sonne vorhanden sind, höchst wahrscheinlich auch im Sonnenkern, da die Hülle eines Ursprungs mit diesem sein dürfte. Darum sind wir imstande, das Studium des Sonnenspektrums für eine chemische Analyse der Sonne zu verwerten.

Digitized by Google

Durch die Spektralanalyse ist eine große Zahl irdischer Elemente in der Sonne nachgewiesen worden; ein Teil der Fraunhoferschen Linien deutet aber auf Elemente hin, die auf der Erde bis jetzt wenigstens nicht gefunden wurden. Andrerseits haben sich die wichtigen Substanzen Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff mit Sicherheit in der Sonne nicht nachweisen lassen. Dadurch ist nicht ausgeschlossen, daß dieselben in dem der Spektralanalyse unzugänglichen Sonnenkern vorkommen; es bietet aber das Dampfspektrum dieser Substanzen der Feststellung und Unterscheidung auch besondere Schwierigkeiten dar. Immerhin darf als sicher gelten, daß die Sonne zum wesentlichen Teil aus Stoffen besteht, die auch auf unserer Erde sich finden.

Die kühnen Pioniere der Erforschung des Himmels haben das Spektroskop sogar auf die Fixsterne gerichtet. Es waren hierbei große Schwierigkeiten zu überwinden; allein das Ergebnis war eine Bestätigung der älteren Anschauung, daß die Fixsterne Sonnen sind. Die der Untersuchung zugänglichen Fixsterne haben sich als glühende Körper erwiesen, die von glühenden Dämpfen eingehüllt werden, und deren Spektrum daher Fraunhofersche Linien enthält. So wurde auch in verschiedenen Fixsternen das Vorhandensein einer Reihe irdischer Elemente erkannt. Bemerkenswert erscheint noch der Umstand, daß die betreffenden Beobachtungen aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, es wahrscheinlich machen, daß auf manchen Fixsternen eine viel niedrigere Temperatur herrscht, als auf der Sonne.

Von großer Wichtigkeit ist die spektroskopische Untersuchung der Nebelflecke geworden. Von diesen Nebelflecken hatte man die Vorstellung, daß es sehr weit entfernte Sternhaufen wären, Milchstraßen, deren einzelne leuchtende Punkte miteinander verschwimmen. Diese Auffassung fand ihre teilweise Bestätigung dadurch, daß es mit zunehmender Vervollkommnung der Fernrohre gelang, einzelne solcher Nebelflecken in zahllose kleine Sterne aufzulösen. Andere Nebelflecken

Digitized by Google

widerstrebten aber beharrlich der Auflösung durch das Fernrohr. Da versuchte man mit Erfolg die Spektralanalyse des schwachen Lichtes dieser Flecke und fand, daß dasselbe aus hellen Linien besteht, aus deren Lage man auf Wasserstoff und Stickstoff glaubt schließen zu dürfen, zugleich auf eine relativ niedrige Temperatur dieser Gase. Danach können diese Nebelflecken nur Wolken von Gasen sein, die im Weltraum schweben, keineswegs aber Haufen sehr entfernter Fixsterne. Wäre letzteres der Fall, so würden sie nicht helle, sondern dunkle Spektrallinien besitzen. Eine dritte Gruppe von Nebelflecken zeigt neben dem Dampfspektrum auch noch ein kontinuierliches Spektrum, wie das Licht einer Kerze, wonach es scheint, daß ein Teil ihrer Substanz nicht mehr gasförmig ist, sondern flüssig oder fest wurde, dabei aber glühend blieb.

Jene kosmischen, weder zu Fixsternen noch zu Planeten verdichteten Dampfwolken führen uns zum Ausgangspunkte der ganzen Betrachtung zurück. Wenn Kant und Laplace durch Nachdenken zu der Annahme gelangten, daß einmal unser ganzes Sonnensystem einen gasförmigen Anfang besessen habe, so erfährt ihre Hypothese durch den tatsächlichen Nachweis ungeheurer Gasmassen, die in wolkenartigem Zusammenhange im Weltenraum schweben, eine wichtige Stütze. Das Vorkommen von Weltkörpern, die nur aus Gasen bestehen, ist heute nicht mehr Hypothese, sondern Gewißheit. Wenn wir annehmen, daß unser Sonnensystem einst ein Nebelfleck war, dann knüpfen wir die Theorie direkt an astronomische Beobachtungen an.

Kant selbst hat übrigens schon angedeutet, daß wegen der zwischen den Fixsternen und der Sonne bestehenden Analogie die Theorie der Entwickelung des Sonnensystems sich von selbst auf andere Himmelskörper der fernsten Ferne übertrage.

Nach dieser Hypothese können wir uns vorstellen, daß unsere Sonne sich zuerst von einem größeren kosmischen Nebel ablöste und anfing, langsam zu rotieren. Dann verdichtete

Digitized by Google

sich dieser Nebelball der Ursonne, wobei er sich erwärmte und nach und nach schneller rotierte. Neben der die Verdichtung bewirkenden Gravitation*) entwickelte sich eine Zentrifugalkraft, durch deren Einfluß von Zeit zu Zeit kleinere Teile vom Sonnenball losgerissen wurden, um sich zu Dampfkugeln zu ballen, die sich um eine eigene Achse drehten, zugleich aber um die Sonne rotierten. So entstanden die Planeten. Bei einzelnen derselben wiederholte sich diese Ablösung von Teilen, was zur Bildung von Monden Veranlassung gab. Die Verdichtung der Zentralsonne wie der Planeten schritt fort, wodurch ihre Temperatur sich immer weiter steigern mußte. Dann aber trat ein Zustand ein, in welchem zunächst die äußersten Planeten, später auch die der Sonne näher stehenden soviel Wärme durch Ausstrahlung an den Weltraum verloren, daß sie aus dem dampfförmigen in den flüssigen und zuletzt in den festen Aggregatzustand übergingen, wenigstens in ihrer Rindenschicht; endlich kühlte letztere sich soweit ab, daß sie den kalten, nicht mehr leuchtenden Zustand annahm, wie wir ihn an unserer Erdoberfläche kennen. Jetzt ist vielleicht ein gewisser Gleichgewichtszustand in der Wärmebilanz der Planeten eingetreten, oder doch wenigstens eine Verminderung der Geschwindigkeit ihrer Abkühlung. Denn wenn z. B. die Erde auch gegenwärtig fortgesetzt Wärme verliert, so erhält sie dafür durch die Sonne, deren Wärmevorrat in der fortschreitenden Verdichtung eine immer weitere Steigerung erfahren hat, ein gewisses Wärmequantum zugestrahlt, welches diesen Verlust einigermaßen ausgleicht. So lange auf der Sonne aber noch weitere Verdichtungen eintreten, ist damit

*) Alle Gase breiten im leeren Raume sich aus, alle Flüssigkeiten verdampfen, und der Dampf sucht dann eine möglichst große Ausdehnung zu gewinnen. Bei dieser Tatsache ist es noch immer nicht genügend erklärt, warum kosmische Nebel statt der Zusammenballung und Verdichtung durch Gravitation sich nicht lieber in den Weltraum verflüchtigen. Es fehlt sogar noch an einer ausreichenden Erklärung dafür, daß im Laufe der Zeit das Wasser nicht von der Erde in den Weltraum abdunstet; ob lediglich die niedrige Temperatur des Weltraums dies verhindert?

Digitized by Google

auch eine immerfort sich erneuernde Heizung der Planeten durch die Sonne ermöglicht.

Allein wenn dermaleinst die Sonne alle ihre Wärmequellen erschöpft haben wird, die außer der Verdichtung vielleicht auch durch Hineinfallen anderer Himmelskörper (Kometen) gespeist werden, dann wird auch sie dem Schicksal verfallen, einen Zustand anzunehmen, der demjenigen der Planeten in ihrer jetzigen Beschaffenheit entspricht. Vielleicht werden die Planeten selbst einer nach dem andern wieder in die Sonne stürzen und von ihr aufgezehrt werden, wie sie sich einst von ihr losgelöst haben, denn die Berechnungen ergeben, daß ihre Bahnen allmählich kleiner werden; dies Hineinstürzen der Planeten würde wiederum der Sonne ein großes Wärmequantum zuführen. Allein schließlich muß doch die Sonne unaufhaltsam der Abkühlung bis auf die Temperatur des kalten Weltraums verfallen; sie muß aufhören zu leuchten und damit aus dem flimmernden Reigen der Fixsterne verschwinden. Somit hätte die Sonne, beziehungsweise das Sonnensystem nicht nur einen Anfang und eine Entwickelung bis auf die Phase der Gegenwart durchgemacht, sondern sie würde auch einen Abschluß finden. Wir haben mit dem zukünftigen Tode der Sonne zu rechnen.

Von hohem Interesse würde es sein, wenn wir eine auch nur annähernde richtige Vorstellung von der Dauer dieser ganzen Entwickelung oder gar ihrer einzelnen Hauptabschnitte gewinnen könnten. Helmholtz*) hat eine solche Schätzung versucht und kommt zu dem Ergebnis, „daß die Wärme, welche die Sonne bisher durch ihre Verdichtung hat entwickeln können, zugereicht haben würde, um ihre gegenwärtige Wärmeausgabe auf nicht weniger denn 22 Millionen Jahre der Vergangenheit zu decken. — Wir dürfen es wohl für sehr wahrscheinlich halten, daß die Sonne noch fortschreiten wird in ihrer Verdichtung, und wenn sie auch nur bis zur Dichtig-

*) Popul. Wiss. Vortr. III. S. 128.

Digitized by Google

keit der Erde gelangt — wahrscheinlich aber wird sie wegen des ungeheuren Druckes in ihrem Innern viel dichter werden —, so würde dies neue Wärmemengen entwickeln, welche genügen würden, für noch weitere 17 Millionen Jahre dieselbe Intensität des Sonnenscheins zu unterhalten, welche jetzt die Quelle alles irdischen Lebens ist."

Wenn wir annehmen dürfen, daß sich vorläufig ein annäherndes Gleichgewicht erhält zwischen dem Wärmeverlust der Erde und der Wärme, die ihr als Ersatz von der Sonne zustrahlt, so würde der gegenwärtige Zustand der Erde eine Art von Ruheperiode in ihrer Entwickelung bilden, eine Phase gleichbleibender Temperatur, welche diesen Planeten geeignet machte, dem Leben eine Heimstätte zu gewähren. Ob zur Zeit lebende Wesen auch auf anderen Himmelskörpern existieren oder überhaupt zu existieren vermögen, ist völlig in Dunkel gehüllt.

Doch ehe wir uns mit dem Auftreten des Lebens, dem größten Rätsel im kosmischen Entwickelungsprozesse, befassen, ist es notwendig, daran zu erinnern, daß der ganze Vorgang der Entstehung des Planetensystems, auch wenn wir eine noch so gewaltige Zeitdauer dafür annehmen, doch nur eine Sekunde der Ewigkeit darstellt, wie das ganze Sonnensystem nur ein Stäubchen im Weltenraume bildet. —

Die Fraunhoferschen Linien waren für uns wiederum Buchstaben, Zeichen aus der Sprache der Dinge. Durch die Schwingungen des Äthers gelangen sie zu uns aus einer Ferne, die unser Vorstellungsvermögen übersteigt. Es gelingt uns, sie zu lesen in der Übersetzung, welche die Empfindung uns von diesen Zeichen liefert; in diesem Falle der Sinn des Sehens. In entsprechender Weise sind alle unsere Sinne Dolmetscher. Die Welt der Töne ist eine Übersetzung von Schwingungen wägbarer Substanz, das Tastgefühl von den Eigenschaften des Widerstandes jener Materie, deren chemische Merkmale als Geruch und Geschmack wahrgenommen werden können. In allen Fällen liegt der Sinnenwahrnehmung eine

Digitized by Google

Äußerung der objektiven Welt zu grunde, die, von der Sinnesempfindung völlig verschieden, sich dennoch der wissenschaftlichen Analyse zugänglich erweist und durch das Experiment erschlossen wird. „Experimenti longe major est subtilitas, quam sensus," sagt Bacon; itaque eo rem adducimus, ut sensus de experimento, experimentum de re judicet." (Die Feinheit des Experiments ist weit größer, als die der Sinne; darum richten wir es ein, daß der Sinn über das Experiment, das Experiment über die Dinge urteilt.) Der Naturforscher lauscht der Zeichensprache, welche die Dinge selbst im Experiment von sich ausgehen lassen, und welche die Sinne für seinen Verstand übersetzen.

Digitized by Google

Kapitel 11.

Die Erde.

Als die Erde vom Sonnenball sich löste, war sie eine glühende Dampfkugel, die von Westen nach Osten rotierte. Woher diese Bewegung stammt, wissen wir nicht, es ist das eines der großen Welträtsel; Mutmaßungen darüber führen zu keinem Ziel. Nur soviel ist gewiß, daß diese Drehung einmal eingetreten sein muß, und daß sie dem Gesetze der Trägheit folgend fortdauert, weil kein Widerstand sie hemmt.

Bevor die Erde aus der Sonne geboren wurde, hatte letztere schon verschiedene Planeten, den Neptun, Uranus, Saturn, Jupiter, Mars, aus ihrer Masse abgestoßen; nach der Erde wurden noch Venus und Merkur gebildet. Bei der ersten Entstehung sonderte sich solch ein Planet von der Sonne wohl in Gestalt eines Ringes, der mit der Zentralsonne gleichsinnig rotierte. Dieser Ring zerriß dann an einer Stelle und zog sich zu einer Kugel zusammen, die sich auch ihrerseits von Westen nach Osten um die Sonnenachse drehte, zugleich aber um ihre eigene Achse in gleicher Richtung rotierte. Jeder dieser Planeten war zunächst eine Dampfkugel von hoher Temperatur. Weil die äußeren Planeten sich zu einer Zeit von der Zentralsonne abspalteten, als diese noch viel weniger verdichtet war, wie zur Zeit der Bildung der inneren Planeten, so war auch die Masse dieser äußeren Planeten Neptun, Uranus, Jupiter viel weniger dicht, als z. B. die der Erde im Entstehungszustande. Denn die Zentralkugel der Sonne verdichtet ihre Substanz fort und fort.

Digitized by Google

Die Planeten verhielten sich zunächst wie kleine Sonnen. Ihre glühende Substanz sandte eigenes Licht aus, und während sie rotierten, verdichtete sich ihre Masse mehr und mehr. Dabei gliederten die Planeten kleinere, sekundäre Planeten ab, die man Monde oder Trabanten nennt, weil sie um den Hauptplaneten von Westen nach Osten rotieren. Unsere Erde besitzt einen solchen Mond, andere Planeten mehrere. Der Mond muß sich im gasförmigen Zustande unserer Erde von dieser zunächst als ein Dunstring abgesondert haben, ganz wie wir uns die Entstehung der Erde aus der Sonne vorstellen; dieser Ring zerriß dann und ballte sich zur Kugel, die als Mond den Erdkörper umkreist. So erfordert es die Theorie. Die Theorie wird aber durch eine Tatsache von hohem Wert unterstützt. Heute noch sehen wir den Saturn — der außerdem acht Monde besitzt — von drei Ringen umzogen, wie die Theorie sie als anfängliche Entwickelungsstufen der Trabanten fordert. Diese Ringe können gedeutet werden als Trabanten, die in der Entwickelung stehen geblieben sind.

Während des gasförmigen Zustandes der Erde waren wegen der enormen Temperatur alle Elemente, welche die Chemie jetzt nachweist, als Dämpfe und unverbunden vorhanden. Die Kugel verdichtete sich fortdauernd, wodurch neue Wärme im Innern hervorgebracht wurde, während die äußerste Schale durch Ausstrahlung in den Weltraum sich abkühlte. Diese Abkühlung war so bedeutend, daß ein Teil der schwerer zu verflüchtigenden Substanzen in den flüssigen Aggregatzustand überging, wobei die Elemente teilweise miteinander Verbindungen eingingen; die leicht flüchtigen Stoffe, wie Stickstoff, Sauerstoff, Wasser, bildeten nach wie vor eine Dampfhülle um die von einer Flüssigkeitsschale bedeckte Erde. Die Flüssigkeit bestand aus geschmolzenen, leuchtenden Massen. Unaufhaltsam schritt der Erkaltungsprozeß der Erdrinde fort, bis die Flüssigkeit zu einer Kruste erstarrte, die aus Metallen und Gesteinen bestand, die anfangs noch leuchtete, später aber aufhörte zu glühen. Als das Selbstleuchten aufhörte, bestand

Digitized by Google

die Erdrinde aus einer trockenen Masse, die von einer Dunsthülle umgeben war, welche der heutigen Atmosphäre ähnlich zusammengesetzt war, nur daß sie viel mehr Wasserdampf enthielt. Auch haben wir uns die Oberfläche der Erstarrungskruste nicht eben vorzustellen, sondern durch ungleichförmige Zusammenziehung gab es schon damals Erhöhungen und Vertiefungen, Berg und Tal. Immer mehr steigerte sich die Abkühlung. Da kam der Moment, in welchem der größte Teil des Wasserdampfes sich in tropfbarer Form niederschlug; es entstand eine Periode gewaltiger, unaufhörlicher Regengüsse, die auf die Erdkruste niederströmten und alle Vertiefungen mit Wasser füllten, aus dem die Anhöhen hervorragten. So schieden sich Festland und Ozean voneinander, wobei die Zusammensetzung der Atmosphäre dem heutigen Zustande immer ähnlicher wurde. Während anfangs die eigene Wärme der Erde so beträchtlich war, daß daneben die ihr von der Sonne zustrahlende Wärme verschwand, bildete letztere mit dem Fortschreiten der Erkaltung der Erstarrungskruste einen immer wichtigeren Faktor, indem zuletzt die Sonne der Erde annähernd ebensoviel Wärme zustrahlte, wie sie durch Abgabe an den Weltraum verlor. Damit war im wesentlichen der Zustand erreicht, den wir heute an der Erdoberfläche kennen.

Was im Laufe dieses Entwickelungsganges aus dem Erdinnern geworden ist, wissen wir nicht mit Sicherheit. Es läßt sich nur soviel feststellen, daß die Erde eine innere Eigenwärme besitzt, die von der Peripherie gegen das Zentrum der Kugel zunimmt etwa um einen Grad auf vierzig bis fünfzig Meter. Da der Erdradius die Länge von 6350 Kilometern besitzt, so ist klar, daß im Erdinnern nach wie vor eine ungeheure Temperatur herrschen muß, selbst wenn wir annehmen, daß auf den inneren Strecken des Erdradius die Zunahme eine geringere ist, als unsere Messungen in der äußeren Schale ergeben.

Unmittelbare Zeichen dieser inneren Erdwärme sind die heißen Quellen und die Vulkane. Letztere bestehen in Durch-

Digitized by Google

brechungen der Erdkruste, durch welche geschmolzenes Gestein, die Lava, sich nach außen ergießt. Man hat aus dieser Tatsache den Schluß gezogen, daß das ganze Erdinnere sich im feurig-flüssigen Zustande befinde. Dagegen haben sich Bedenken geltend gemacht, die wegen des hohen Druckes, der im Erdinnern herrschen muß, den innersten Erdkern für fest halten, während der flüssige Lavazustand nur einer unmittelbar unter der Erstarrungskruste liegenden Schicht oder gar nur lokal abgegrenzten Stellen innerhalb dieser Schicht zukommen soll. Es gibt aber auch eine davon völlig abweichende Anschauung, welche den innersten Erdkern für gasförmig hält. Das sei nur erwähnt, um zu zeigen, wie wenig wir vom Erdinnern wissen, ja wie wenig geklärt unsere Vorstellungen von der möglichen Beschaffenheit desselben sind.

Gewiß darf nicht verkannt werden, daß wir über die Entstehung der Sonne und der Planeten kein Zeugnis besitzen, daß wir darüber keine Erfahrungen sammeln können, weil es kein Instrument zur Erforschung der Vergangenheit gibt, und daß alles, was darüber mitgeteilt wurde, nur durch Nachdenken gewonnen und aus der Kombination unserer Beobachtungen mit physikalischen Prinzipien erschlossen worden ist. Allein die Theorie der Entstehung des Sonnensystems wird heute so widerspruchslos von den Naturforschern hingenommen, andere Möglichkeiten der Bildung unserer Erde erscheinen so ausgeschlossen, daß wir, wollen wir nicht auf jede Vorstellung verzichten, nur diejenige annehmen können, die hier in kurzen Zügen dargelegt wurde, und welche mit den Namen Kant und Laplace für immer verknüpft ist.

Ich möchte noch etwas eingehen auf den Zustand der Erdoberfläche, welcher sich nach der Scheidung des festen Landes, des Ozeans und der Atmosphäre hergestellt hat.

Die Abkühlung des Planeten nahm ihren langsamen Fortgang. Dabei entwickelte sich unter dem Einflusse der auf die Erde hinabstrahlenden Sonnenglut ein ebenso merkwürdiger wie wichtiger Prozeß: die Zirkulation des Wassers. Aus der

Digitized by Google

Oberfläche des Ozeans stieg es als unsichtbarer Dampf in die Höhe. Dieser Dampf verdichtete sich zu Nebeln und Wolken, sobald in der Atmosphäre Abkühlung eintrat, und die feinen Nebelbläschen wandelten sich zu Regen, der auf die Erde herniederrauschte. Durch die Kraft der Sonnenwärme war dies Wasser gehoben, in Folge von Abkühlung sank es wieder hinab wie ein aufgezogenes Gewicht; ein Vorgang, der sich unausgesetzt wiederholte bis auf den heutigen Tag.

Das fallende Wasser verrichtete an der festen, in unregelmäßigen Gebirgen emporstarrenden Erdrinde, deren Beschaffenheit wir uns wohl ähnlich der aus Vulkanen stammenden, erhärteten Lava vorzustellen haben, eine bedeutsame Arbeit. Es sammelte sich in jeder kleinen Vertiefung des Gesteins, um als Rinnsal, als Quelle in den Falten desselben abwärts zu fließen. Die Quellen vereinigten sich zu Bächen, diese zu Flüssen und Strömen, die, ganz wie wir es heute erleben, dem Meere zueilten.

In dem Wasser löste sich aber ein Teil der festen Gesteine der Erdrinde. Dadurch wurde der Zusammenhang zwischen anderen Teilen gelockert, die nun kleinere oder gröbere Kiese bildeten, welche von den Bächen und Flüssen mit hinabgerissen wurden. Daneben wirkte das Wasser durch seinen Kohlensäuregehalt und auch sonst chemisch zersetzend auf das feste Gestein, indem es in die mikroskopischen Spalten desselben eindrang und einen Prozeß der Verwitterung herbeiführte, durch den die oberste Schicht der Felsen sich in feine Erde umwandelte, wie wir das auch an Laven der Neuzeit beobachten können. Diese Verwitterungskruste wurde nach und nach durch den Regen in das Meer gespült, in welchem sich mächtige Schlammschichten absetzten, die zur Bildung von Schwemmland Anlaß gaben, das die Meeresbecken nach und nach ausfüllte. So wurden die Gipfel und Kämme der ursprünglichen Oberfläche abgeschliffen und die Vertiefungen ausgefüllt; ein Prozeß, der zuletzt mit der Herstellung einer ziemlich regelmäßigen Kugelfläche hätte endigen müssen, wenn

Digitized by Google

er nicht immer wieder von entgegengesetzt wirkenden Vorgängen unterbrochen worden wäre.

Nachdem die feste Rinde der Erde gebildet war, haben wir uns diese nicht als in Ruhe befindlich, sondern als beweglich vorzustellen. Schon bei ihrer Entstehung hatte sie Gebirge gebildet. Indem eine Schicht der glutflüssigen Erdkugel nach der anderen fest wurde, verhielt sich die äußerste Kruste wie die Schale einer Kirsche, deren saftiges Fruchtfleisch im Dörrofen nach und nach eintrocknet; sie zeigte Runzeln und Falten, welche ihre Lage und Stärke im Verlaufe des Prozesses mehr und mehr veränderten. So kam es an gewissen Stellen der Erdoberfläche zu Hebungen, an anderen zu Senkungen. Der mit Tausende von Metern dicken Schlammschichten bedeckte Grund eines ozeanischen Beckens wurde über das mittlere Niveau emporgehoben, während ein Gebirgssystem einsank, eine Vertiefung bildete, über welche die Meereswogen hinfluteten. Der gehobene Kontinent bestand im wesentlichen aus Schlamm, aus Sediment, wie der technische Ausdruck lautet, und dies geschichtete Sediment, sofern nicht die unteren Lagen bereits durch den ungeheuren Druck fest geworden waren, erstarrte an der Luft zu Fels. Dies ist der Ursprung der neptunischen Gesteine, die den weitaus größten Teil der Gebirge auch in der Gegenwart ausmachen.

Die durch Hebung aus dem Meere emporgestiegenen Berge verwitterten wie die ursprünglichen. Ihre Gipfel wurden durch das Wasser abgenagt, welches das Sediment in die neuen Meeresbecken spülte, wo sie schließlich die letzten Reste der ursprünglichen Erstarrungskruste unter ihrem Schutt begruben. Und da immer neue Hebungen und Senkungen eintraten, immer wieder aus dem Meere neue Gebirge emporwuchsen und alte Gebirge im Meere versanken, da diese Vorgänge zu ungezählten Malen sich wiederholt haben müssen, so war schließlich von der Außenfläche der ersten, aus dem Glutzustande hervorgegangenen Erdrinde nirgends mehr etwas

Digitized by Google

übrig. Alles war von geschichtetem, aus dem Wasser abgesetztem Gesteine bedeckt.

Dennoch kennen wir auch in der Gegenwart noch Gebirg, das nicht durch die Tätigkeit des Wassers, sondern durch Erkalten feurig-flüssiger Teile des Erdballs entstanden ist: die plutonischen und die vulkanischen Gesteine.

Die fortdauernde Zusammenziehung der Erdrinde brachte es mit sich, daß in der Tiefe des Mantels der geschichteten Gesteine Hohlräume und Schluchten entstanden, in welche flüssige Glutmassen des Erdinnern eindrangen, um sie zu erfüllen und langsam darin zu erstarren. So bildeten sich der Granit, der Syenit und die übrigen als plutonisch bekannten Gesteine, deren grobkörniges Gefüge mit der Ausbildung einzelner Bestandteile zu großen Kristallen von der langsamen Erkaltung der teigartigen Massen unter einem immer noch mächtigen Gesteinsmantel Zeugnis ablegt. Auch solche von Granit erfüllte Erdschollen konnten zu Gebirgen emporgehoben werden, und wenn dann die sedimentäre Decke vom Wasser abgespült wurde, nahm zuletzt der schwer verwitternde Granit als anstehendes Gestein die Oberfläche der Gebirgszüge ein, wie wir ihn gegenwärtig in so vielen Gebirgen der Erde kennen.

Ein anderer ist der Ursprung der vulkanischen Gesteine, des Porphyrs, Basalts, Trachyts und der Lava. Diese sind dadurch entstanden, daß kleine Teile des glutflüssigen Erdinnern durch Spalten und Löcher in der Rinde bis zur Erdoberfläche gelangten, um an der Luft zu erkalten und zu erstarren.

Das Auftreten solcher Spalten ist auf die Kontraktionen des Erdkörpers und die dabei in seiner Rinde entstehende Spannung zurückzuführen; die Spannung selbst aber dürfte einen wesentlichen Teil der Triebkraft ausmachen, welche den Austritt der flüssigen Lava aus den Vulkanen bewirkt. Außerdem sind Wasserdampf und verschiedene Gase in der Lava eingeschlossen, welche explosionsartig hervorbrechen. Man sah Flammen aus den Kratern von Vulkanen aufschießen, deren Spektrum das Vorhandensein von glühendem Wasserstoff,

Digitized by Google

Chlor, Natriumdampf erkennen ließ; diese Stoffe verbrannten, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft vereinigten. Wenn ein Hauptteil jener Gase Wasserdampf ist, so muß derselbe aus Wasser entstanden sein, das durch Spalten des Gesteins in die Tiefe gelangt und vielleicht durch Diffusion in den feurigflüssigen Teil des Erdkerns eingedrungen war. Durch die gewaltige Hitze des letzteren wurde es nicht nur in Dampf verwandelt, sondern sogar in seine beiden Bestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff, dissoziiert, die bei sehr hoher Temperatur nicht verbunden, sondern nur getrennt existieren können.

Die Oberfläche der heute dem Erdinnern entquellenden Lava erstarrt rasch und vollständig, und ihre Rinde dürfte ein Abbild der ersten Erstarrungskruste der Erde sein. Auch die Lava ist der Verwitterung in hohem Maße ausgesetzt; die Verwitterungsprodukte können eine Decke an ihrer Oberfläche bilden oder durch das Wasser weggeschwemmt werden. Im natürlichen Laufe der Dinge ist letzteres wohl das Schicksal der Verwitterungskruste aller vulkanischen Gesteine.

So sehen wir in der Erdgeschichte vulkanische Kräfte und das alles nivellierende Wasser um die Wette tätig, in fortwährendem Ringen die Erdoberfläche umzugestalten. Aber es sind auch ungeheure Zeiträume verflossen, seitdem die fallenden Regentropfen an der noch heißen Erdrinde nicht mehr aufzischend verdampften, sondern sich in Meeresbecken sammelten, Zeiträume, die wir uns gar nicht lang genug denken können, die viele Millionen, vielleicht Milliarden von Jahren gedauert haben müssen. In Jahrmillionen hat das harte Gestein sich immer wieder durch Verwitterung in Ton verwandelt, haben die Sedimente im Meeresgrunde sich auf einander geschichtet, um durch Hebung selbst wieder zum Kontinent, zum Hochgebirge zu werden; und die Mineralien, die wir jetzt unterscheiden, sind bald aus geschmolzenen Massen, bald aus dem Wasser mehr oder weniger langsam auskristallisiert.

Außer den Gewässern, den Mineralien und Luftarten,

Digitized by Google

welche die Erdrinde zusammensetzen, trägt dieselbe auch noch Pflanzen und Tiere. Und nicht nur in der gegenwärtigen Phase wird der Erdball von Organismen bewohnt, sondern die geschichteten Gebirge enthalten in deren versteinerten Resten Beweisstücke dafür, daß schon vor vielen Millionen von Jahren Tiere und Pflanzen die Erde bevölkerten. Sie lebten teils unmittelbar im Meere, teils wurden ihre Körper durch die Flüsse ins Meer gespült, hier in den Schlamm der Sedimente eingehüllt und dadurch, daß dieser Schlamm selbst wieder zum Fels erstarrte, bis auf den heutigen Tag erhalten; kostbare Zeugen einer fernen Vergangenheit.

Neben den Organismen finden wir heute auf der Erde noch eine andere Kategorie von Objekten, und diese fehlen den versteinerungsführenden Schichten der Berge: es sind die von Menschenhand gefertigten Kunstwerke.

Von einem Beil, einem Hosenknopf, einer Stahlfeder bis zu den Hütten und Palästen, den Dampfmaschinen und Elektromotoren, den Gemälden und Statuen bilden diese Erzeugnisse des Menschen eine eigenartige Gruppe von Gegenständen, die auch der Naturforscher nicht vernachlässigen darf, wenn es sich um einen Überblick über die Erzeugnisse des Erdballs handelt. Die Herkunft dieser Dinge ist klar, während diejenige der Organismen dunkel ist. Sie alle sind auf den Menschen zurückzuführen, der erst sehr spät, erst in der letzten Phase der Erdgeschichte auftrat. Hätte der Mensch schon früher existiert, so ist nicht daran zu zweifeln, daß wir auch seine Werkzeuge und Kunstwerke in den Sedimenten finden würden. Denn gerade seine ältesten Geräte, die Steinäxte, sind schwerer vergänglich als die wohlerhaltenen Blätter von Pflanzen und Knochen von Tieren, die wir in den Schichten der Gebirge sammeln.

Es gibt auch Kunstwerke, die von Tieren erzeugt werden, wie die Spinnweben, die Vogelnester; selbst die Muschelschalen, einfachste Wohnungen eines weichen Tierleibes, könnte man dahin rechnen. Solche Erzeugnisse der Tierwelt kommen

Digitized by Google

auch fossil vor; die Konchylienschalen, die man allerdings gewöhnlich zum Tierkörper selbst rechnet, gehören zu den verbreitetsten und wichtigsten Versteinerungen.

Auf alle diese Äußerungen des Lebens, auf die Organismen und die von ihnen erzeugten Kunstwerke, soll in späteren Kapiteln ausführlich eingegangen werden. Erst an ihnen gelangen die wichtigsten Probleme der Naturbetrachtung zur Erörterung.

Digitized by Google

Kapitel 12.

Geschichte des Lebens.

Alles Lebendige hat seine Stammesgeschichte. Wie wir die Abstammung eines Menschen in vorausgegangene und immer frühere Generationen verfolgen können, oft durch viele Jahrhunderte bis in eine graue Vorzeit hinein, so gibt es einen Stammbaum des Hundes, des Pferdes, des Steinadlers, der Roßkastanie, der Lilie, oder vielmehr jedes einzelnen Individuums dieser Arten; und wenn wir solche Stammbäume auch nicht unmittelbar feststellen können, wie bei vielen Menschen, so zweifeln wir darum doch nicht weniger an ihrer Wirklichkeit.

Allein die Jahrtausende der Menschengeschichte sind Tage in der Geschichte der Erde und ihrer Bewohner; und außer der Stammesgeschichte der einzelnen Typen verdient die Gesamtgeschichte des Tier- und Pflanzenreiches unser ganzes Interesse.

In den versteinerten Resten von Tieren und Pflanzen der geschichteten Gebirge ist das Urkundenmaterial gegeben, aus dem die Paläontologie bemüht ist, die Umrisse einer Geschichte des Lebens zu zeichnen. Leider ist dies Material ein lückenhaftes; jene versteinerten Urkunden sind dürftige Bruchstücke und daher unzulänglich, um ein völlig zufriedenstellendes Geschichtsbild daraus gestalten zu können. Trotz der großen Zahl von Versteinerungen, welche wir kennen, bilden dieselben sicher nur einen ganz kleinen Teil der Formen, die

Digitized by Google

einst gelebt haben, und die im Laufe der Erdgeschichte ausgestorben sind. Der Phantasie ist daher sowohl in der Rekonstruktion der Einzelformen aus ihren verstümmelten Überbleibseln, wie auch in der ganzen historischen Entwicklung ein leider nur allzu weiter Spielraum gelassen. Eine durch glücklichen Zufall erhaltene Versteinerung ist vergleichbar dem Bruchstücke einer Inschrift, die uns eine Kleinigkeit aus der Geschichte eines untergegangenen Volkes kündet; vielleicht ist sie bedeutungslos; vielleicht weiß aber der Scharfsinn des Historikers Schlüsse von mehr oder minder großer Tragweite daraus zu ziehen. Trotz des Vorhandenseins solcher Dokumente ist die Sicherheit unserer erdgeschichtlichen Vorstellungen nur eine relative. Und wenn wir die Geschichte des Lebens zu schreiben suchen, so gleicht unser Bemühen etwa dem eines Kindes, das mit ungeübter Hand den Umriß eines Vogels oder einer Blume auf Papier zeichnet, das in seinen Strichen den Charakter des Objekts wohl erkennbar zu treffen vermag, das aber außerstande ist, allen Einzelheiten gerecht zu werden.

Die wichtigste Tatsache der ganzen paläontologischen Überlieferung besteht darin, daß in früheren Erdepochen andere Typen von Tieren und Pflanzen gelebt haben, als in der Gegenwart, und daß die Gestalten der Organismen im allgemeinen um so fremdartiger werden, je älter die Schichten sind, in die wir hinabsteigen, während in den jüngeren Schichten sich eine fortschreitende Annäherung der Fauna und Flora an die Typen der Jetztzeit zu erkennen gibt.

Man hat daher den geschichteten, d. h. den aus dem Wasser abgelagerten Teil der Erdrinde in eine Anzahl von Formationen eingeteilt, deren unterste die ältesten, deren oberste die jüngsten sind, und deren jede eine charakteristische Flora und Fauna besitzt. Allerdings darf man diese Formationen sich nicht als scharf geschieden vorstellen; sie sind immer durch Übergangsschichten miteinander verknüpft, und in solchem Grenzgebiete greifen Pflanzen- und Tierwelt zweier Forma-

Digitized by Google

tionen vielfach ineinander über. In dieser Skizze kann indessen der erforderlichen Kürze wegen die einzelne Formation nur als eine abgegrenzte Einheit besprochen werden, wenn auch darauf hingewiesen wird, daß innerhalb der Formationen mit dem Alter der Schichten sich wesentliche Veränderungen in ihrer Organismenwelt vollziehen können.

Die Formationen werden zusammengefaßt in geologische Zeitalter oder Perioden, und so unterscheidet man eine archäische Periode, eine paläozoische, eine mesozoische und eine känozoische Periode.

Die archäische Periode umfaßt Schichtenfolgen von ungeheurer Ausdehnung und hat vermutlich länger gedauert, als alle übrigen Perioden zusammen. Ihre Gesteine haben aber tiefgehende Strukturänderungen erlitten, vielleicht durch hohe Temperatur und starken Druck, so daß alle in ihnen vorhandenen Reste von Organismen völlig zerstört und unkenntlich geworden sind. Dennoch ist nicht daran zu zweifeln, daß auch sie einst Versteinerungen führten; aber dies früheste Leben des Erdballs hat keine Zeugen hinterlassen, es ist auch in seinen geringsten Spuren für uns erloschen, und keine Aussicht besteht, daß wir jemals eine seiner Formen kennen lernen werden. In den kristallinischen Schiefern liegen die Anfänge des Tier- und Pflanzenreiches mit ewiger Nacht bedeckt da, und niemand vermag dies Dunkel zu erhellen. Es geht uns damit wie mit der Geschichte des Menschen vor jener Zeit, aus welcher die ältesten von Menschen gefertigten Werkzeuge stammen.

Auf das archäische Zeitalter folgte das paläozoische, welches die ältesten Faunen und Floren umfaßt, von denen aus ferner Vergangenheit Kunde zu uns zu bringen vermochte. Dasselbe wird eingeteilt in die fünf Formationen des Kambrisch, des Silur, des Devon, des Karbon und des Perm. Die Mächtigkeit der paläozoischen Schichten hat man in ihrer Gesamtheit auf 25 000 Meter veranschlagt. Rechnet man, daß der aus dem Wasser abgesetzte, zu Fels erstarrte

Digitized by Google

Niederschlag eines Jahres im Durchschnitt einen halben Millimeter betrage, so würde man auf eine Zeitdauer der paläozoischen Periode von 50 Millionen Jahren kommen; doch ist eine solche Rechnung überaus unsicher.

Aus der Formation des Kambrisch sind uns nur Meeresablagerungen erhalten; die in ihnen eingeschlossenen Reste von Organismen weisen auf eine Fauna der Tiefsee. Pflanzen sind aus der kambrischen Zeit mit Sicherheit nicht bekannt, ebenso fehlen Fische und andere Wirbeltiere. Charakteristische Fossilien finden sich dagegen aus den Ordnungen der Schwämme, der Stachelhäuter, der Muscheln, der Armfüßer und der Krebse. Die beiden letzteren Ordnungen sind besonders reichlich vertreten. Es ist bemerkenswert, daß in diesen ältesten Versteinerungen führenden Schichten schon Tiere von der hohen Organisationsstufe der Krebse auftreten, wenn auch in einem längst ausgestorbenen Typus, dem der Trilobiten. Von den Armfüßern dagegen hat sich eine Gattung, Lingula, fast unverändert bis in die Gegenwart erhalten. Im Kambrisch und Silur finden sich zahlreiche Spezies von Lingula, doch auch gegenwärtig leben noch mehrere Arten dieser Tiere. Sie liefern einen wichtigen Beweis dafür, daß, wenn auch die meisten Typen der paläozoischen Periode längst wieder von der Erdoberfläche verschwunden sind, doch einzelne die ganze Entwicklung hindurch bis auf unsere Tage Bestand gehabt haben. Damit ist die Möglichkeit gegeben, daß von den ersten Organismen, die an der Erdoberfläche erschienen sind, auch heute noch wenig veränderte Nachkommen existieren. Als Versteinerungen konnten aber nur solche Formen sich erhalten, die durch Kalkschalen oder andere feste Skelettteile ausgezeichnet waren; denn alle Weichteile von Tieren und Pflanzen sind durch Verwesung völlig hinweggetilgt worden.

Die Fauna des Kambrisch geht allmählich über in die des Silur, gelangt aber hier schon zu größerer Mannigfaltigkeit. Auch aus dem Silur sind vorwiegend Meeres-

Digitized by Google

bewohner auf uns gekommen. Reste von Landtieren und Landpflanzen konnten überhaupt nur erhalten werden, wenn ein Stück festen Landes unter das Meer versank und vom Schlamme bedeckt wurde, oder wenn sie zufällig ins Meer verschlagen, z. B. an den Flußmündungen zusammengeschwemmt wurden. So kommt es, daß uns aus dem Silur bereits einige Landpflanzen bekannt geworden sind, die den hochorganisierten Familien der Lykopodiaceen, Equisetaceen und Farne zuzurechnen sind, sowie die merkwürdigen längst wieder ausgestorbenen Kordaiten, welche Vorläufer der Koniferen gewesen zu sein scheinen. Von Landtieren wurde u. A. ein Skorpion gefunden.

Außerdem birgt das Silur vielfach Reste kalkschaliger Meeresalgen aus der Familie der Siphoneen, die auch heute noch in zahlreichen Gattungen und Arten sich findet, ja, einige dieser Silurformen scheinen der lebenden Gattung Bornetella ganz nahe zu stehen.

Die Meeresfauna des Silur umfaßt etwa 10 000 wirbellose Tierarten, unter denen außer den im Kambrisch schon vorkommenden Ordnungen besonders Korallen zu nennen sind: im obersten Silur treten auch Fische auf, die unseren Haifischen verwandt sind.

Die nächstjüngere Formation, das Devon, zeigt uns eine der silurischen noch ähnliche Meeresfauna, in welcher zuerst der wichtige, zu den Kopffüßern gehörige Typus der Ammoniten vorkommt. Die Fische erscheinen in größerer Mannigfaltigkeit, viele derselben haben Ähnlichkeit mit unserem Stör, die merkwürdige Gruppe der Panzerfische steht aber ganz isoliert da. Andere Wirbeltiere werden noch nicht gefunden. An Pflanzen sind außer einigen zweifelhaften Algen nur dürftige Reste von Landpflanzen bekannt geworden, denselben Ordnungen wie die Silurpflanzen angehörig. Auch von Landtieren fand man nur geringfügige Spuren.

Das Karbon oder die Steinkohlenformation hat uns dagegen die Überbleibsel einer ungemein reichhaltigen

Digitized by Google

Pflanzenwelt hinterlassen. Der größte Teil dieser Pflanzenreste ist in seiner Struktur undeutlich geworden und bildet in kompakten Massen die Steinkohle, welche wir brennen. Es ist nicht zu bezweifeln, daß dieselbe aus Urwäldern hervorging, die ausgedehnte Landstriche bedeckten. Die Gewächse dieser Urwälder verwandelten sich nach ihrem Absterben wahrscheinlich zunächst in eine Art von Torf, der sich dann zur Kohle verdichtete. Auch heute können wir in entlegenen Gebirgswäldern beobachten, daß die im Laufe der Jahrhunderte abgestorbenen und übereinander gefallenen Stämme der Bäume, z. B. von Tannen, zunächst eine torfartige Masse bilden, und auch der Torf unserer Moore ist zum großen Teil aus dem Holze von Bäumen und Gesträuch hervorgegangen. Die Pflanzen der Steinkohlenzeit sind uns hauptsächlich erhalten worden in Abdrücken geschichteter Gesteine, welche die eigentlichen Kohlenflötze begleiten.

In der unteren Steinkohle finden sich ausschließlich Farrenpflanzen, großenteils von baumartigen Dimensionen. Es sind Farne im engeren Sinne, Schachtelhalme (Kalamiten), Keilblätter, Sigillarien, Schuppenbäume (Lepidodendron). Letztere stehen dem heutigen Bärlapp nahe, während Schachtelhalme (Equisetum) sich aus dem Karbon bis in die Gegenwart erhalten haben. Es reichen alle jetzt lebenden Farntypen bis ins Karbon zurück; damals aber existierten neben diesen noch zahlreiche andere, die später zu grunde gegangen sind. In den oberen Schichten des Karbon treten dann Koniferen in Menge auf. Von Algen, die den heutigen nahe stehen, sind die mikroskopisch kleinen kieselschaligen Diatomeen zu erwähnen.

Aus der Beschaffenheit der Flora des Karbons hat man den Schluß gezogen, daß damals ein warmes Klima ziemlich gleichförmig über die ganze Erdoberfläche herrschte; die Kalamiten genannten riesigen Schachtelhalme jener Zeit finden sich noch auf Nova Semlja und Spitzbergen.

Im Karbon gab es auch schon libellenartige Insekten

Digitized by Google

und Heuschrecken, ferner Spinnen und Landschnecken. Die Wandlung der Fauna gibt sich darin zu erkennen, daß die Trilobiten, welche die Meere des Silur und Devon in Menge bevölkerten, verschwinden, während die ersten Reptilien auftreten. Vögel und Säugetiere zeigen sich noch nicht.

Die permische Formation, die letzte und jüngste des paläozoischen Zeitalters, besaß ähnliche Organismen, wie das Karbon; nur treten Kalamiten und Lepidodendren mehr zurück, die Nadelhölzer mehr hervor, und in der Tierwelt werden die Reptilien zahlreicher.

Das mesozoische oder mittlere Zeitalter umfaßt die drei Formationen der Trias, des Jura und der Kreide.

Für die Fauna der Trias ist charakteristisch die ungemeine Vermehrung und Ausbreitung der Reptilien, so daß die heute aus dieser Klasse noch lebenden Typen als kleiner Überbleibsel davon erscheinen; auch erreichten jene Saurier zum Teil eine riesige Körpergröße. Daneben fanden sich große Amphibien; von wirbellosen Meerestieren sind besonders zu nennen die Ammoniten und Belemniten. An die Stelle der in der paläozoischen Periode vierstrahligen Korallen treten sechsstrahlige, wie wir sie heute noch lebend kennen. In den obersten Schichten der Trias werden Zähne von Beuteltieren gefunden, die ersten Anzeichen des Erscheinens von Säugetieren.

Aus der Flora sind die Sigillarien und Lepidodendren, einst Hauptbestandteile der Steinkohlenwälder, verschwunden, die Kalamiten nähern sich dem Aussterben. Es überwiegen die Koniferen und Cykadeen, namentlich letztere in reicher Entwicklung. Von Algen wurden besonders Siphoneen aus der Verwandtschaft der heutigen Gattung Cymopolia nachgewiesen.

Der Jura oder Lias bringt eine ungemein reiche Tierwelt zur Entfaltung. Die Ammoniten haben sich an Zahl der Arten und Individuen ungeheuer vermehrt, dieser eigenartige Typus erreicht hier seinen Höhepunkt. Auch Schwämme,

Digitized by Google

Korallen, Stachelhäuter und Konchylien aller Art finden sich in größter Fülle. Die Saurier erreichen gleichfalls die Kulmination ihrer Entwicklung. Unter den Fischen überwiegen die störähnlichen Ganoiden. Als das merkwürdigste Tier der Juraformation gilt der Urvogel oder Archaeopteryx, den man anfangs für ein Mittelgebilde zwischen Reptilien und Vögeln anzusehen geneigt war, während er jetzt als Vogel anerkannt wird, der aber in manchen Zügen an die Reptilien erinnert; er zeigt insofern eine gewisse Analogie zu dem heute in Neuholland lebenden Schnabeltiere, als dies Säugetier manche Eigenschaften mit den Vögeln gemein hat. Der Archaeopteryx besitzt einen verlängerten, eidechsenartigen Schwanz, der aber mit Federn besetzt ist, er hat ferner Zähne im Schnabel, Bauchrippen, Krallen an den Flügeln; im übrigen verhält er sich wie ein Vogel.

Die Flora des Jura deutet in ihrer gleichförmigen geographischen Ausbreitung darauf hin, daß die Abkühlung der Polarländer noch nicht bestand; ausgedehnte Wälder von Cykadeen und Koniferen bedeckten die Landschaft. Ein Charakterbaum ist Gingko, von dem sich eine Art noch in der Gegenwart findet.

Die Fauna der Kreide nähert sich mehr und mehr derjenigen der Gegenwart. Die Ammoniten und Saurier nehmen immer mehr ab. Ein Säugetier aus der Kreide kennen wir nicht, wohl aber Vögel mit Zähnen im Kiefer. Die Fische werden den heutigen ähnlicher. Vielerlei Insekten, darunter Bienen und Schmetterlinge, treten auf.

Während die Flora der unteren Kreide im wesentlichen noch mit der des Jura übereinstimmt, zeigt sich in den oberen Schichten der Formation ein tiefgehender und bedeutsamer Wechsel: hier erscheinen plötzlich in Fülle Angiospermen, d. h. Palmen und Dikotylen, deren Gattungen schon mit den heute lebenden übereinstimmen, während Farne, Cykadeen und Koniferen zurücktreten. Treffend wird diese Veränderung der

Digitized by Google

Pflanzendecke von Neumayer*) in folgenden Worten geschildert.

„Was uns dabei ganz besonders überrascht, ist die Wahrnehmung, daß nicht etwa zuerst einzelne Vorläufer der neuen Typen auftauchen, Formen, die von den jetzigen Vertretern weit abweichen, und in denen man entweder Sammeltypen vermuten könnte, welche die Charaktere heute voneinander getrennter Familien in sich vereinigen, oder Übergangsformen, welche die neuen Gruppen mit geologisch älteren verbinden. Nichts derartiges ist zu bemerken, sofort erscheint ein ganzes Heer der verschiedenartigsten Formen, und unter diesen finden sich zahlreiche Vorkommnisse, welche mit den jetzt lebenden so nahe übereinstimmen, daß man ihre Zugehörigkeit zu heute noch vorkommenden Gattungen in keiner Weise bestreiten kann. Wohl sind auch ausgestorbene Typen vorhanden, so vor allen die großblättrigen Crednerien, die zu den charakteristischsten Pflanzen der Kreide gehören, und über deren verwandtschaftliche Beziehungen man noch nicht klar ist. Aber neben ihnen treten Tulpenbäume auf, die prachtvollen Magnolien Nordamerikas und Chinas sind sehr verbreitet, wir finden Eichen, Buchen, Weiden, Kirschbäume, Efeu, daneben echt tropische Gewächse aus den Abteilungen der Caelsalpinieen, der Araliaceen, der Palmen 2c."

Wie mit einem Zauberschlage entstand also in der jüngeren Kreidezeit eine Landflora, die in ihren wichtigsten Bestandteilen, den Monokotylen und Dikotylen, der Vegetationsdecke der Gegenwart entspricht, in welcher die Farne und Nadelhölzer vor den Blütenpflanzen zurückweichen. Und unter jenen Laubhölzern, die aus der Kreide auf uns gekommen sind, finden sich nicht nur windblütige Formen mit fehlender Blumenkrone, wie Buchen, Eichen und Walnüsse, sondern Magnolien mit hochentwickelten Blumen, die auf Insektenhilfe bei der Bestäubung hinweisen. Jene wunderbare Wechselbeziehung, jene großartige Symbiose zwischen Blumen und Insekten, die in ihrem Bestehen aufeinander angewiesen sind, ist in der Kreidezeit entstanden, welche auch Bienen und Schmetterlinge hervorbrachte, die vom Honig der Blumen lebten. Seit jenem Auftreten der blumen-

*) Erdgeschichte II. S. 345.

Digitized by Google

tragenden Gewächse in der Kreide hat das Leben auf der Erde nur noch einmal einen so gewaltigen Schritt vorwärts getan — als es am Ende der Tertiärzeit den Menschen hervorbrachte.

Da die Kreide von Spitzbergen noch eine reiche Vegetation einschließt, welche den heute in Mitteleuropa wachsenden Pflanzen entspricht, ist daraus ein mildes Klima in den hohen Breiten zu folgern. Indessen sind die tropischen Gewächse doch aus den Polarländern zurückgewichen, was immerhin auf eine eingetretene Abkühlung hinweist und dafür spricht, daß die Pflanzen der gemäßigten und der kalten Zone jüngeren Ursprungs sind, als die der heißen. —

Unter dem Namen des *känozoischen* oder neuen Zeitalters faßt man diejenigen Formationen zusammen, die seit dem Ende der Kreide bis auf die Gegenwart hinab gebildet wurden: es sind das Tertiär, das Diluvium und die Erdoberfläche, wie wir sie heute kennen.

Die *Tertiärformation*, welche von den Geologen in die Stufen des Eocän, Oligocän, des Miocän und des Pliocän eingeteilt wird, umfaßt einen Zeitabschnitt, in welchem Fauna und Flora der Vorwelt sich schrittweise in die Tier- und Pflanzenwelt der Gegenwart umbildeten. In der untersten Stufe, dem Eocän, ist die Zahl der mit lebenden identischen Arten am kleinsten; in der obersten Stufe, dem Pliocän, ist sie am größten.

Für die Tierwelt des Tertiär ist charakteristisch, daß Säugetiere und Vögel vorherrschen, während die großen Saurier der mesozoischen Zeit bis auf das auch heute noch lebende Krokodil verschwunden sind. Im Meere treten Delphine und Walfische an ihre Stelle. Die Vögel verlieren ihre Zähne, Schmetterlinge und andere honigsaugende Insekten werden sehr häufig. An Säugern kommen viele Gattungen vor, die jetzt nicht mehr existieren. Unter ihnen sind die sogenannten Kollektivtypen besonders bemerkenswert, Formen, welche Merkmale vereinigen, die bei jetzt lebenden

Digitized by Google

Arten nur an verschiedenen Spezies gefunden werden. So kennt man aus dem Eocän Tiere, welche Eigenschaften des Pferdes und des Rhinozeros miteinander vereinigen. Auch fossile Affen sind im Tertiär gefunden; was aber die Reste angeblicher Mittelformen zwischen Affen und Menschen anlangt, so sind dieselben höchst zweifelhaft und lassen sich auch als Knochen menschenähnlicher Affen deuten.

Dagegen kommen durch die verschiedenen Tertiärschichten hindurch Skelettteile von Huftieren vor, die einen beinahe lückenlosen Übergang von Vielhufern zu Einhufern, d. h. zum Pferde der Gegenwart, darzustellen scheinen. Ob die als Vorläufer des heutigen Pferdes anzusehenden Mehrhufer aber wirklich auch die stammesgeschichtlichen Vorfahren desselben sind, bleibt unentschieden, da jene ausgestorbenen Tertiärtiere auch jedes für sich das Endglied einer Abstammungsreihe bilden können, während die wirklichen Ahnen des Pferdes uns nicht bekannt geworden sind.

Die Pflanzenwelt des Tertiär stimmt durch das Vorwiegen der blumentragenden Gewächse mit der jetzigen ihrem wesentlichen Charakter nach überein. Doch waren die Bäume der früheren Stufen mit immergrünen Blättern ausgerüstet, und Holzpflanzen mit abfallendem Laube sind in größerer Menge wohl erst im Miocän erschienen. Im Eocän herrschte bis zum hohen Norden hinauf ein mildes, in Mitteleuropa wohl ein tropisches Klima. Zu jener Zeit erhoben sich die wichtigsten Gebirge der Erde, nicht nur die Alpen und der Apennin, sondern auch der Kaukasus, der Himalaya, die Kordilleren. Im Laufe der Tertiärzeit wurde auch die Verteilung von Land und Meer dem gegenwärtigen Zustande ähnlich; an den Polen ward es allmählich kälter, und eine schärfere Differenzierung der Klimate trat ein. Dann erst haben sich unter dem Einflusse der Wanderung von Tieren und Pflanzen die lokalisierten Faunen und Floren ausgebildet, welche jetzt die Erde bevölkern.

Unter Diluvium verstehen wir eine Epoche der Erd-

Digitized by Google

geschichte, in welcher die aus dem obersten Tertiär zur Gegenwart führende Entwicklung teilweise durch merkwürdige Vorgänge unterbrochen wurde. Unter zunehmender Abkühlung der polaren Teile des Erdballs bildete sich über den nördlichen Teilen Europas, Asiens und Nordamerikas eine Vergletscherung, durch welche das Leben in diesen Ländern unterdrückt und weiter nach Süden gedrängt wurde. Dann schmolzen die Eismassen, Pflanzen und Tiere wanderten wieder polwärts, um durch Wiederholung der Vergletscherung von neuem gegen Süden getrieben zu werden. So unterscheidet man mindestens zwei Eiszeiten und eine eisfreie Interglacialzeit, die zwischen beiden lag. Nach dem Ende der letzten Eiszeit, also mit dem Aufhören des Diluviums, trat dann jener Zustand der Erde ein, wie ihn die Gegenwart kennt.

Die Fauna der Diluvialzeit zeigt darin eine von der jetzigen bemerkenswerte Verschiedenheit, daß in Europa eine Anzahl großer Säugetiere lebte, die jetzt ausgestorben sind: der Elefant, das Mammut, das Rhinozeros, das Hippopotamos, der Höhlenbär, ein Löwe und ein Tiger. Von größter Wichtigkeit ist aber die Tatsache, daß wir aus der Zeit des Diluviums die ersten sicheren Spuren der Anwesenheit des Menschen auf der Erdoberfläche besitzen. Mag der Mensch auch schon zur Pliocänzeit gelebt haben, ein Beweis dafür ist nicht erbracht worden. So fällt die wichtigste Erscheinung in der ganzen Geschichte des Lebens in den Anfang der Diluvialzeit; und da der Mensch noch mit dem Höhlenbären und dem Mammut zusammengelebt hat, ist wohl nicht unwahrscheinlich, daß er wesentlich mitwirkte bei der Ausrottung jener großen diluvialen Säuger.

Seit dem Diluvium sind wesentliche Veränderungen in der Fauna und Flora der Erde nicht mehr vorgekommen. Es ist kaum zu bezweifeln, daß die Stammbäume der uns heute bekannten Arten ziemlich unverändert bis in die Diluvialzeit zurückreichen.

Viele Stammlinien der jetzt lebenden Tiere und Pflanzen

Digitized by Google

sehen wir mehr oder minder tief in das Tertiär und in ältere Formationen eindringen, um erst dort zu verschwinden; während wir andere Stämme von Tertiär-Organismen die Gegenwart nicht erreichen sehen, da sie vorher erlöschen. Das größte und wichtigste Problem in der Geschichte des Lebens ist daher dies, ob ein genetischer Zusammenhang zwischen lebenden und ausgestorbenen Arten besteht; ein Problem, mit dem wir uns im vierten Abschnitte eingehend beschäftigen werden.

Digitized by Google

Kapitel 13.

Die Grundlagen des Geschehens: Stoff, Kraft und Richtung.

Alles, was in der Natur geschieht, beruht auf Bewegung. Jede Bewegung besitzt ein Maß in ihrer Geschwindigkeit und Beschleunigung; wir haben zwischen Art, Größe und Richtung der Bewegung zu unterscheiden.

Die Träger der Bewegungsvorgänge nennen wir Energien. So sprechen wir von mechanischer Energie, von chemischer, thermischer, strahlender, elektrischer Energie; der allgemeine Begriff der Energie schlechtweg ist eine Abstraktion von diesen verschiedenen Energien. Von kinetischer Energie ist die Rede, wenn eine Bewegung sich verwirklicht, in Fluß gerät, in räumlicher und zeitlicher Veränderung erkennbar wird; potentielle Energie nennt man gehemmte oder aufgespeicherte Bewegung, die für unsere Wahrnehmung den Zustand der Ruhe, des Gleichgewichts bildet. Raum und Zeit sind der Schauplatz der Bewegungserscheinungen — das Medium des Naturgeschehens.

Es wird die nachfolgenden Betrachtungen erleichtern, wenn wir zunächst bei den mechanischen und den chemischen Vorgängen stehen bleiben. Das sind Erscheinungen, in denen die Körper, die „materiellen Systeme", wie der physikalische Ausdruck lautet, eine Rolle spielen. Mechanik und Chemie bemühen sich, die Struktur und die Bewegung solcher materiellen Systeme festzustellen.

Digitized by Google

Die Aufgabe der Naturforschung ist es, das Geschehen in der Natur zu erkennen und zu beschreiben. Wenn wir vom Zufall absehen, so bewegt sich dies Geschehen in den Bahnen strenger Gesetzlichkeit. Diese Gesetzlichkeit klar erkannt zu haben, ist eins der großen Verdienste Galileis, und die Arbeiten aller späteren Naturforscher haben die Richtigkeit seiner Anschauungen nur bestätigt. Das Ziel der Wissenschaft von der Natur besteht somit darin, die Gesetze zu finden, die dem Wechsel der Erscheinungen zu grunde liegen; die Gesetze, die sich in einer regelmäßigen, ausnahmslosen Wiederholung der Vorgänge unter den gleichen Bedingungen zu erkennen geben, die für die Erscheinungsreihen also eine gemeinsame Grundlage bilden oder vielmehr den Ausdruck einer Reihe von Tatsachen darstellen, deren gemeinsame Merkmale dadurch herausgehoben werden.

Wenn wir von der Körperwelt ausgehen, so kommen zunächst deren chemische Eigenschaften in Betracht. Alle Körper, die wir in diesem Sinne der Kürze halber Chemosen nennen können, sind entweder zerlegbar, dann heißen sie Verbindungen; oder sie sind die unzerlegbaren Bestandteile der Verbindungen, die Grundstoffe oder Elemente. Der allgemeine Begriff, der alle Chemosen umfaßt, ist der des Stoffes oder der Materie, und mit den allgemeinen Eigenschaften der Materie beschäftigt sich die Physik.

Die Materie tritt uns entgegen in den drei Aggregatzuständen, als fest, flüssig oder gasförmig. Zu den wichtigsten Eigenschaften der Materie gehören ihre Undurchdringlichkeit, ihre Ausdehnung oder ihr Volumen, ihre Schwere und ihre Unzerstörbarkeit. Unsere Erfahrung stimmt ausnahmslos dahin überein, daß Materie nicht verschwinden, und daß ebensowenig aus nichts neue Materie zu entstehen vermag; auch kann die Materie nicht in etwas anderes umgewandelt werden. Daraus schließen wir, daß der in der Welt gegebene Vorrat von Materie unveränderlich ist. Es ist dies das Gesetz von der Erhaltung der Materie.

Digitized by Google

Die Materie ist teilbar. Wenn wir uns die Teilung einer Chemose, z. B. eines Kristalls von Kochsalz, welches aus den Grundstoffen Chlor und Natrium besteht, sehr weit getrieben denken, so weit, wie es nur möglich ist, damit die Teile noch Kochsalz bleiben, so kommen wir auf kleinste Mengen, die wir Molekel oder Moleküle nennen. Im Kristall waren diese Molekel fest miteinander verbunden und bildeten eine charakteristische Gestalt, einen Würfel. Aber ein Kochsalzmolekel ist immer noch ein zusammengesetztes Ding, es besteht aus einem Teil Chlor und einem Teil Natrium, oder, wie die Chemie sagt, aus einem Atom Chlor und einem Atom Natrium. Atome sind die Masseneinheiten der Grundstoffe, welche die Verbindungen zusammensetzen. Ob die Atome der Chemie theoretisch noch weiter teilbar sind oder nicht, ist eine Frage der Spekulation, auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht.

Der Chemiker unterscheidet die Atome der einzelnen Grundstoffe nach ihren Sondereigenschaften; der Physiker sieht von letzteren ab und nimmt sie als Massenpunkte. Schon durch diese verschiedene Anwendung gibt sich der Begriff Atom als ein wissenschaftlicher Hilfsbegriff zu erkennen.

Von der Materie wissen wir aber nur etwas durch ihre Wirkung auf unsere Sinnesorgane, und diese Wirkung besteht in Bewegungen, die von der Materie ausgehen. Darum bliebe die Materie für uns unerkennbar und in ewiges Dunkel gehüllt, wenn sie sich nicht bewegte.

Für diese Bewegung, die oben als kinetische Energie definiert wurde, verwenden wir auch das Wort Kraft. Wir sagen, daß von der Materie Kräfte ausgehen, und daß die Materie durch Kräfte bewegt wird. Eine Konsequenz davon ist, daß die Physiker ihre Atome nach Ampères Vorgang auch Kraftzentren nennen; und wir müssen zugestehen, daß ein der Kräfte entkleidetes Atom für uns aufhören würde, zu existieren. Insofern wäre die Kraft das eigentlich reale; dasjenige aber, was uns als das Greifbarste in der Natur

Digitized by Google

erscheint, die Körperwelt, würde zu dem Schatten eines bloßen Vorstellungskomplexes hinabsinken.

Über wenige Worte unserer Sprache hat man sich so sehr den Kopf zerbrochen, wie über das Wort Kraft, und für den Kraftbegriff gibt es zahlreiche Definitionen. Aber diese Definitionen sind alle nicht viel wert.

Seiner Entstehung nach dient das Wort Kraft zunächst zur Bezeichnung dessen, was die Muskeln des menschlichen und tierischen Körpers zu leisten vermögen. Muskelkraft ist ein Symbol für ein kompliziertes Etwas, das im Innern unseres Körpers seinen Sitz hat, und das uns in seinen Kausalbeziehungen vielfach noch dunkel bleibt. Das Wort Kraft hat dann eine übertragene Bedeutung erhalten in Willenskraft, Geisteskraft, moralischer Kraft; auch hier ist der Begriff ein Symbol für verwickelte psychische Funktionen, deren Analyse ein noch keineswegs gelöstes Problem bildet. Endlich wird das Wort angewendet auf Erscheinungen der leblosen Natur in den Worten Wasserkraft, Dampfkraft, Schwerkraft, magnetische Kraft u. s. w. In allen diesen Anwendungen bezeichnet es wiederum symbolisch den ganzen Komplex der Bedingungen eines Bewegungsvorganges.

In der Physik hat man Kraft definiert als die Wirkung zweier Körper aufeinander; als die Ursache einer erteilten Beschleunigung; als das Maß einer Bewegung; als ein Agens, welches die Konfiguration oder die Bewegung eines materiellen Systems verändert; und noch auf manche andere Art. Endlich ist auch von Spannkraft die Rede, d. h. von aufgespeicherter Kraft, die sich nicht in Bewegung äußert, die aber in Bewegung umgesetzt werden kann, und im Gegensatz dazu nennt man die in Bewegung sich äußernde Kraft lebendige Kraft. Die Ausdrücke Spannkraft und lebendige Kraft sind nun gleichbedeutend mit potentioneller und kinetischer Energie, und da letztere Bezeichnung die mancherlei Unklarheiten, die dem Begriffe der Kraft anhaften, vermeidet, so wollen wir die Vorgänge des Geschehens unter dem Gesichtspunkte des Be-

Digitized by Google

griffes der Energie betrachten. Indessen ist zu bemerken, daß das Wort Kraft durch unsere Sprache seine Berechtigung erhält, und daß ich mich desselben, soweit es ohne Gefahr eines Mißverständnisses geschehen kann, in diesem Buche noch häufig bedienen werde.

Das Wort Energie heißt in seiner Übersetzung aus dem Griechischen Wirksamkeit, Tätigkeit, und ist insofern ganz zutreffend gewählt; man kann es auf sich beruhen lassen, daß im gewöhnlichen deutschen Sprachgebrauche darunter psychische Tüchtigkeit und Willenskraft verstanden wird. In der Physik und Chemie hat sich der Begriff längst so befestigt, wie er im Anfange dieses Kapitels dargestellt wurde.

In neuerer Zeit ist man dahin gelangt, die Energie als das einzig Wirkliche in der Natur anzusehen und hat sich damit dem Standpunkte des alten Heraclit genähert, der ein Fließen alles Seienden annahm. Insbesondere geht Ostwald*) so weit, selbst die Materie aufzugeben und für eine besondere Energieform zu erklären. Auf die Schwierigkeit, die einer so weitgehenden Zusammenfassung entgegensteht, werde ich noch eingehen. Sicher ist, daß wir von der Außenwelt nur Energieverhältnisse erfahren, weil unsere Sinneswerkzeuge lediglich auf Energieunterschiede zwischen ihnen und der Umgebung reagieren; eine Konsequenz davon ist, daß man anfängt, Energie als „Substanz" zu definieren. Einen realen Wert besitzt die Energie zweifellos; das wird drastisch bewiesen durch die Tatsache, daß sich Energie (z. B. chemische, elektrische, Wärme) kaufen und verkaufen läßt und ihren bestimmten Preis hat, wie eine Marktware.

Wenn wir die Materie einschließen, so steht der Energiebegriff in seiner Allgemeinheit denen von Raum und Zeit zur Seite; es fehlte nur noch, daß die Philosophen auch ihn für eine Anschauungsform erklären, der keine Realität entspricht, und die wir erst in die Natur hineintragen. Ich will

*) Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig 1895.

Digitized by Google

aber hier die Frage nicht aufrollen, ob die Energie sich wegdenken*) läßt oder nicht, sondern mich lieber der Betrachtung der einzelnen Energieformen zuwenden.

Die mechanische Energie ist nach Ostwald Bewegungsenergie oder Raumenergie; die Raumenergie wieder Lagenenergie, wohin die Schwere**) gehört, oder Volumenergie. Die Volumenergie, deren Intensität der Druck ist, würde zusammen mit der chemischen Energie dem alten Begriff der Materie entsprechen. Ein Körper würde somit ein Stück Volumenergie sein.

Es ist gar nicht zu verkennen, daß, sobald wir mit Ampère ein Atom als Kraftzentrum definieren, wir auch Energiezentrum dafür sagen können, und damit ist die Materie als Summe von Energiezentren unter die Energien eingereiht. Indessen sind derartige Definitionen doch kaum mehr als Gleichnisse, und die Chemiker werden sich ungern mit der Ampèreschen Definition begnügen. Wenn ich auch nicht unterlassen wollte, hier der Ausdehnung des Energiebegriffes durch Ostwald Erwähnung zu tun, so werde ich mich in den folgenden Abschnitten doch vorwiegend der herkömmlichen Worte, der Materie, der Bewegungsenergie und der potentiellen oder Spannungsenergie bedienen.

Die beiden letzteren Begriffe haben in der Mechanik ihren guten und allbekannten Sinn. Es ist von der höchsten Bedeutung, daß die eine dieser beiden Energieformen sich in die andere ohne Rest umwandeln läßt. Wenn man eine Armbrust spannt, so verwandelt man die Bewegungsenergie der Muskeln in Spannungsenergie, und beim Abdrücken wandelt sich diese in die Bewegungsenergie des fliegenden Bolzens. Beim Aufziehen einer Uhr wird gleichfalls Bewegungsenergie in Spannung verwandelt, die sich im Ablaufen des Uhrwerks wieder zu Bewegungsenergie löst. Der gespannte und der

*) Alles Denken hat energetische Prozesse im Gehirn zur Voraussetzung!

**) Ich muß gestehen, daß ich meinerseits eher geneigt bin, die Schwere der strahlenden Energie zuzurechnen.

Digitized by Google

spannungslose Zustand eines materiellen Systems sind immer durch eine verschiedene Konfiguration der Teile gekennzeichnet. Man denke an die Armbrust im gespannten und im ungespannten Zustande, an die zusammengedrückte und ausgedehnte Feder der Taschenuhr, an das gehobene und gesunkene Gewicht der Wanduhr. Diese verschiedene Konfiguration der Teile eines materiellen Systems kann aber auch in Verschiedenheit der chemischen Struktur bestehen. In der Pulverladung eines Gewehrs ist Spannungsenergie vorhanden, wie in der gespannten Armbrust, die sich durch Vermittlung der Verbrennung in die Bewegungsenergie des Geschosses umsetzt; und die Steinkohle in der Lokomotive repräsentiert gleichfalls Spannung, die man zur Erzeugung von Bewegungsenergie benutzt.

Von einem materiellen Systeme, das einen Vorrat von Spannungsenergie enthält, sagen wir, daß es sich im labilen Gleichgewicht befindet, und wenn es diesen Vorrat verausgabt hat, nennen wir seinen Gleichgewichtszustand stabil. Man könnte auch direkt gespanntes und spannungsloses Gleichgewicht sagen. Diese Verausgabung der Spannung kann auf einmal oder mit Unterbrechungen erfolgen. Eine aufgezogene Wanduhr kann ich eine Stunde gehen lassen und hierauf anhalten, das Gewicht ist dann um eine Strecke gesunken; in diesem Zustande kann die Uhr beliebig lange verharren, bis ich das Pendel von neuem anstoße, und ich habe es ganz in der Gewalt, in welchem Umfange ich die Spannungsenergie weiter verausgaben will. Hierbei nähert sich das labile Gleichgewicht immer mehr dem stabilen.

Die Mehrzahl der Energieformen läßt sich ineinander umwandeln. Chemische Energie verwandeln wir im Ofen in Wärme; in der Petroleumlampe oder der Gasflamme in strahlende Energie, die wir Licht nennen. Durch Reiben eines Streichholzes oder zweier Hölzer aneinander läßt sich mechanische Energie in Wärme verwandeln, und, wenn es zur Entzündung kommt, die Wärme in Licht. In der Dynamomaschine wird mechanische Energie in elektrische umgesetzt, und

Digitized by Google

wenn wir mit letzterer eine Straßenbahn treiben, wandelt sich die elektrische Energie wieder in mechanische Energie. Als Werkzeuge für solche Umwandlung einer Energieform in eine andere dienen die Maschinen, und die Konstruktion einer Maschine ist maßgebend für die Beschaffenheit der verbrauchten und der daraus erzeugten Energie.

Von großer Wichtigkeit aber, und in ihren Konsequenzen nicht immer genügend berücksichtigt, ist die Tatsache, daß mechanische Energie, um Wärme oder Elektrizität u. s. w. werden zu können, aufhören muß, mechanische Energie zu sein, und umgekehrt. Es ist daher unrichtig, energetische Vorgänge ohne weiteres als mechanische zu bezeichnen; denn in keinem einzigen Falle ist erwiesen worden, daß Wärme, Licht, Elektrizität, Magnetismus und Chemismus mechanische Vorgänge sind*).

Und hier kommen wir an den Punkt, der Bedenken erregt, die Materie den Energien einzureihen: es gelingt so wenig, Materie in eine der genannten Energieformen zu verwandeln, wie es möglich ist, eine dieser Energien in Materie umzusetzen; sondern der einmal gegebene Vorrat von Materie bleibt konstant. Wäre es z. B. möglich, Materie in strahlende Energie zu verwandeln, so würde sich ein Felsen, ja der Erdball und das ganze Sonnensystem in ein scheinbares Nichts verflüchtigen können; und umgekehrt müßte die durch den unendlichen Raum daherzitternde Strahlung imstande sein, aus einem scheinbaren Nichts ein Sonnensystem zu bilden. Ich sage ausdrücklich: aus einem scheinbaren Nichts, weil es Strahlung gibt, die unseren Sinnen durchaus unzugänglich ist, darum aber doch nicht weniger Wirklichkeit besitzt. Allerdings ist die Erhaltung der Materie ein Erfahrungssatz; und da die menschliche Erfahrung nicht gar zu weit reicht, so darf es nicht für absolut ausgeschlossen erklärt werden, daß unter ganz besonderen Bedingungen, die uns unbekannt sind, und die vielleicht nur äußerst selten und in sehr langen Zwischen-

*) Ostwald, l. c. S. 16.

Digitized by Google

räumen eintreten, einmal Materie aus Strahlung oder Elektrizität oder einer anderen Energieform entstanden ist. Doch es ist unzulässig, mit dieser Möglichkeit wissenschaftlich zu operieren, solange wir für die Naturforschung in der Erfahrung unseren alleinigen Leitstern erblicken und uns für berechtigt halten, aus unserer beschränkten Erfahrung verallgemeinernde Analogieschlüsse zu ziehen.

Kehren wir zur chemischen Energie zurück. Auch sie zeigt Zustände der Spannung und der Bewegung, endlich der spannungslosen Ruhe. Eine chemische Verbindung kann sich im labilen oder im stabilen Gleichgewicht befinden. Das Leuchtgas in der Leitung z. B. und der Sauerstoff der Luft bilden miteinander ein labiles System von bedeutender Spannungsenergie. Durch Entzündung am Brenner, d. h. durch Einleitung einer Verbindung zwischen Gas und Sauerstoff, entwickeln sich einerseits Wärme und Licht, andererseits werden durch die Oxydation des Gases zwei Verbindungen gebildet — Kohlensäure und Wasser —, die den Zustand stabilen Gleichgewichts darbieten, weil in ihnen kein Vorrat von Spannungsenergie mehr liegt. Wollen wir Kohlensäure und Wasser wieder in Leuchtgas oder in irgend eine andere labile, d. h. verbrennliche Kohlenstoffverbindung zurückverwandeln, so bedarf es dazu der Einwirkung einer fremden Energie. Eine solche Rückverwandlung wäre dem Aufziehen eines Uhrwerks zu vergleichen; damit kommen wir auf den Begriff der Arbeit.

Energie läßt sich in Arbeit verwandeln. Die Physik definiert den Begriff der mechanischen Arbeit als das Produkt der wirksamen Energie in die Strecke, um die sie einen Körper fortbewegt, z. B. einen Stein in die Höhe hebt. Wenn Energie auf ein materielles System einwirkt und seine Konfiguration verändert, so leistet sie Arbeit an dem System; in der Regel wird dabei Spannungsenergie erzeugt, die durch Umwandlung in Bewegungsenergie wiederum Arbeit zu leisten vermag. So ist die Spannung des Bogens, das Aufziehen der Uhr, die Herstellung von Schießpulver eine Arbeit, welche potentielle

Digitized by Google

Energie aufspeichert. Spannungsenergie wird auch als Arbeitsvorrat bezeichnet, weil sie sich wieder in Arbeit umsetzen kann.

Wenn ein materielles System an einem anderen Arbeit leistet, z. B. Muskeln eine Armbrust spannen, verbrennendes Gas einen Motor treibt und durch diesen einen Webstuhl in Bewegung setzt, so wird Energie von dem einen System auf das andere übertragen. Für solche Arbeitsleistung durch Übertragung kommt die wichtige Tatsache in Betracht, daß nur Energie aus einem System mit größerem Energieinhalt auf ein solches mit geringerem Energieinhalt überzugehen vermag; wie für das Fließen von Wasser ist für die Übertragung von Energie ein Gefälle erforderlich. Wenigstens gilt dies für die Wärme und die ihr sich gleich verhaltenden Energiearten. Ist Energie in einem System als Arbeitsvorrat gegeben, so kann sich daraus nur Arbeit entwickeln, wenn dieser Arbeitsvorrat sich vermindert, beziehungsweise, wenn ein System von einem gewissen labilen Gleichgewicht auf ein weniger labiles Gleichgewicht hinabsinkt. Ein System im stabilen Gleichgewicht vermag aber erst dann arbeitsfähig zu werden, wenn von außen her Energie in dasselbe übertragen worden ist.

Nun besteht ein genaues Verhältnis zwischen der Größe einer Arbeit und der zu ihrer Verrichtung verbrauchten Energie. Ein einzelnes Pferd kann einen Wagen nicht ziehen, zu dessen Fortbewegung zwei Pferde nötig sind. Um einen Stein vom Gewicht eines Zentners einen Meter hoch zu heben, bedarf es der Aufwendung einer ganz bestimmten Energie, mag dieselbe geliefert werden durch menschliche Muskeln, durch strömendes Wasser, durch Wind, durch eine Dampfmaschine. Die aufgewandte Energie ist proportional der geleisteten Arbeit.

Der Wert jeder mechanischen Arbeit und der zu ihrer Verrichtung erforderlichen Energie läßt sich zahlenmäßig feststellen. Er ist immer der gleiche. Besonders wichtig für die Energetik wurde die Bestimmung des Arbeitsäquivalents der Wärme. Es ließ sich dadurch der Nachweis erbringen, daß eine gewisse Wärmemenge äquivalent ist einem bestimmten

Digitized by Google

Quantum mechanischer Bewegungsenergie und einem entsprechenden Quantum von Spannungsenergie; daß bei Umwandlung einer dieser drei Energieformen in eine andere die numerische Größe der Energie keine Änderung erfährt. Dies gilt weiter für jede Energieart, die in eine andere verwandelt werden kann.

Bei allem Geschehen in der Natur bleibt daher die Größe der Energie ungeändert, während ihre Erscheinungsform vielfältig wechselt. Diese Tatsache führte zum Gesetz von der Erhaltung der Energie, welches aussagt, daß in jedem geschlossenen materiellen System die Summe der Energie konstant ist. Energie kann also niemals verschwinden und ebensowenig aus dem Nichts entstehen. Weil ein gleiches von der Materie gilt, so erfährt das Energiegesetz keine Änderung, wenn wir auch die Materie zur Energie rechnen.

Aus dem Energiegesetz ergeben sich wichtige Folgerungen.

Eine derselben ist folgende. Wenn ein materielles System seinen gesamten Arbeitsvorrat verausgabt hat, also spannungslos wurde, zum stabilen Gleichgewicht gelangte, so kann es niemals von selbst wieder einen Gehalt an potentieller Energie gewinnen, sondern es bedarf hierzu stets der Arbeit von außen auf das System einwirkender Energie. Damit im Zusammenhange steht die Unmöglichkeit eines perpetuum mobile, die sich unmittelbar aus dem Erhaltungsgesetze ableiten läßt.

Eine beachtenswerte Tatsache ist ferner die, daß alle lediglich energetischen Vorgänge umkehrbar sind.

Weil aber keineswegs alles Naturgeschehen umkehrbar ist, so folgt schon hieraus, daß wir neben der Energie im weitesten Sinne noch ein anderes Prinzip des Geschehens anerkennen müssen, und dies ist das Prinzip der Richtung. Käme der Richtung diese fundamentale Bedeutung nicht zu, so wäre das Weltganze ein Chaos und kein Kosmos.

Die Energie ist eine meßbare Größe, die Richtung ist es nicht. Darum ist die Richtung auch dem Erhaltungsgesetze nicht unterworfen. Das Geschehen in der Natur setzt sich

Digitized by Google

daher aus zwei Faktoren zusammen, von denen der eine dem Erhaltungsgesetze unterliegt, der andere nicht.

Schon hieraus folgt, daß das Prinzip der Energie für sich allein nicht ausreicht, die Vorgänge in der Natur zu erklären. Soweit es sich um quantitative Beziehungen handelt, kommt die Energie allein in Frage; für die qualitativen Beziehungen — ich nenne als Beispiel nur die Gestaltung der Körper — ist die Richtung der Energien wesentlich und maßgebend.

Es läßt sich dies Verhältnis zwischen Richtung und Energie am besten durch ein paar Beispiele veranschaulichen. Wenn ich mit der Büchse auf einen in der Luft schwebenden Habicht schieße, so ist die Bewegungsenergie der Kugel die gleiche, ob ich den Vogel treffe oder nicht; der große Unterschied in der Wirkung wird lediglich durch die Richtung bedingt, die dem Geschosse erteilt wurde. Wenn ich mit einer Billardkugel eine zweite treffe, so kann mein Ball einen gleich großen Teil seiner Energie an den zweiten abgeben, mag ich ihn links oder rechts anspielen; durch letzteres wird aber die dem zweiten Ball erteilte Richtung bestimmt, und diese ist von entscheidender Wichtigkeit für den Erfolg meines Spiels. Es erfordert die gleiche mechanische Arbeit, ob ich auf einer horizontalen Ebene eine Kugel einen Meter weit nach Osten oder nach Westen rolle; es können aber durch die entgegengesetzte Richtung ganz verschiedenartige Wirkungen erzielt werden.

In diesen Beispielen handelt es sich um möglichst einfache Richtungen, in denen das Geschehen sich abspielt. Die Richtungen können aber auch verwickelt sein und die höchsten Grade von Kompliziertheit annehmen, sobald verschiedene und verschieden gerichtete Energien auf ein materielles System einwirken. Die Resultante im Parallelogramm der Kräfte ist davon der relativ einfachste Fall. Wichtig ist ferner, daß kein Körper freiwillig seine Richtung ändert, d. h. ohne das Dazwischentreten einer neuen Energie, und darin gibt sich die immer vorhandene Wechselbeziehung zwischen Energie und

Digitized by Google

Richtung zu erkennen. Die Abhängigkeit einer Richtung von einer Energie wird z. B. klar durch den Fall eines Steins in der Lotlinie erwiesen; die Abhängigkeit der Energiewirkung von der Richtung zeigt jede künstlerische Handarbeit des Menschen. Richtung ohne Energie ist ein wesenloser Schatten; Energie ohne Richtung bleibt unwirksam.

Wenn das Naturgeschehen auf einen Dualismus von Energie und von Richtung zurückgeführt werden kann, so macht es doch einen großen Unterschied aus, ob die Richtung im innersten Wesen der Energieform selber liegt, oder einer Energie durch die willkürliche Tätigkeit eines Menschen oder eines Tieres oder gar durch das blinde Spiel des Zufalls angewiesen wird. Scheiden wir den letzteren Fall aus, so tritt der Gegensatz zwischen den beiden ersteren um so bedeutsamer hervor. In kausaler Hinsicht kann die Richtung selbst eine energetische sein, oder sie ist durch eine Absicht bestimmt. Die Flamme einer Kerze möge in einer gewissen Entfernung von einem Stecknadelknopf aufgestellt sein, dann fliegen die Lichtstrahlen in geradliniger Richtung zum Stecknadelknopf hinüber. Ebenso wirkt die Schwerkraft vom Erdmittelpunkt aus geradlinig auf jeden Punkt an der Erdoberfläche. In dieser Übereinstimmung der ihnen innewohnenden Richtung, die immer den kürzesten Weg einschlägt, gibt sich nicht nur eine Verwandtschaft zwischen strahlender Energie und Schwere zu erkennen, sondern auch ein tiefer Gegensatz gegen die wechselnde Richtung, in der eine Spinne ihre Fäden zieht, ein Schmetterling vor dem verfolgenden Vogel davonflattert oder ein Zeichner seine Striche setzt.

Die Richtungen können einfache oder verwickelte sein. Beispiele einfacher Richtung sind eine fallende Bleikugel, ein bewegter Kreisel, ein geworfener Stein; wirkt auf letzteren der Wind ein, so wird die Richtung kompliziert. Hochkompliziert sind die Richtungen, welche die mechanische Energie einschlagen muß, um Steine, Balken, Nägel u. s. w. zu einem Hause zusammenzufügen, unendlich verwickelter noch sind die

Digitized by Google

Richtungen der im Ei enthaltenen Stoffteile, wenn sie ein Hühnchen bilden. Und doch sind die im letzten Beispiele vorgestellten Bewegungen in harmonisch und unabänderlich bestimmten Richtungen geordnet, sie entsprechen darin der so einfachen Richtung der Schwerkraft und der Strahlung. In der embryologischen Entwicklung eines Organismus ist die wirksame Energie auf tausend Umwegen einem bestimmten Ziele zugewandt. Solche verwickelten Richtungskomplexe in der Natur sind vergleichbar den komplizierten Richtungen, welche menschliche Intelligenz der Energie erteilt, z. B. im Bau eines Kriegsschiffes und in der Leitung desselben während einer Seeschlacht.

Die Richtungen können ziellos oder zielstrebig sein. Die Richtung eines im Winde dahinfliegenden Blattes ist ziellos, die des fallenden Steines zielstrebig; zielstrebig ist auch die Richtung der Nährstoffe, die vom Tierkörper assimiliert werden, zielstrebig die Richtung jeder von menschlicher Intelligenz gelenkten Arbeit. Eine zielstrebige Richtung kann wiederum planlos sein, wie die der Schwere, der elektrischen Anziehung, der Kristallisation; oder planmäßig, wie die der bewußten menschlichen Tätigkeit.

Das Studium und die Analyse der Richtungen ist für die Naturforschung von kaum geringerer Bedeutung, als das Studium der Energien. Wenn in der Physik die Bedeutung der letzteren überwiegt, so sind die Richtungen, in der die energetischen Prozesse verlaufen, für die Biologie von desto größerer Wichtigkeit. Denn die Form, welche ein Hauptproblem der Biologie bildet, ist bedingt durch die Richtungen der energetischen Prozesse, welche die Körper der Pflanzen und Tiere hervorgebracht haben.

Digitized by Google

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Vom Wesen des Lebens.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kapitel 14.

Die Aufgabe der Physiologie.

Mit dem Wesen des Lebens beschäftigt sich die Wissenschaft der Physiologie. Sie hat zur Voraussetzung die Kenntnis der Gestalten der Pflanzen und Tiere, der Morphologie, und deren innerer Struktur, die man Anatomie nennt, sofern sie dem Auge wahrnehmbar ist. Aber auch die meist nicht ohne weiteres sichtbaren chemischen Eigenschaften der Organismen kommen in Betracht; die besondere Chemie des Tier- und Pflanzenkörpers hat man als physiologische Chemie von der allgemeinen Chemie unterschieden.

Die Erforschung des Lebens gehört zu den schwierigsten und verwickeltsten Problemen, welche der denkenden Menschheit gestellt sind. In ihrer Gesamtheit ist diese Aufgabe keineswegs gelöst, ja sie ist ihrer Lösung noch recht fern. Im einzelnen haben wir zahlreiche Tatsachen und Gesetze ermittelt. Allein fast jedes Ergebnis bisheriger Forschung ist anzusehen als eine Etappe auf dem Wege, ein Thema für künftige Untersuchungen; jedes gelöste Rätsel ruft neue hervor. Einer fernen Zukunft mag es vorbehalten sein, mehr von der Oberfläche der Erscheinungen in ihre Tiefen einzudringen. Die Physiologie ist eine unfertige Wissenschaft; sie verfügt erst über unvollkommene Vorstellungen von dem, was wir Leben nennen. Nichtsdestoweniger ist das Errungene von Bedeutung und von hohem Interesse.

Digitized by Google

Die festen Teile der Erdrinde sind erstarrte, großenteils auskristallisierte Chemosen. Sie sind das Ergebnis physikalischer und chemischer Kräfte. Wenn wir diese Kräfte als bekannte, d. h. verhältnismäßig bekannte Kräfte gelten lassen, so sind im Vergleich dazu die Pflanzen und Tiere Erzeugnisse unbekannter Kräfte. Mit den Chemosen verglichen sind sie für uns ein Wunder.

Unsere Sprache würde das Wort Wunder nicht haben, wenn demselben nicht ein berechtigter Begriff zu grunde läge. Nun hat man sich durch eine geistige Nachlässigkeit daran gewöhnt, von einem Wunder gewöhnlich nur dann zu sprechen, wenn es sich um eine seltene Erscheinung handelt. Wirkliche Wunder, sofern sie häufig auftreten, sind den Menschen keine Wunder mehr. Der gewöhnliche Mensch wird daher in einem Tier oder in einer Pflanze kein Wunder erblicken; dies zu tun ist dem Physiologen, und zwar dem vorurteilslosen, vorbehalten.

Jeder Organismus repräsentiert einen verwickelten Komplex des Geschehens. Er selbst ist wieder nur ein Glied in der Kette der Generationen. Wenn ein Tier geboren wird, so löst es sich als selbständiges Glied vom vorausgehenden Gliede der Generationskette ab. Das neue Individuum macht eine Entwicklung durch, die mit dem Tode endet; und da ihm im normalen Verlaufe des Geschehens die Vorfahren im Tode voraufgingen, so werden die einzelnen Glieder der Kette nur durch das Band der Abstammung miteinander verknüpft.

Die Entwicklung ist eine der wichtigsten Eigenschaften der Organismen. Das Hühnchen im Ei entsteht als kleiner halbkugeliger Fleck, der sich demnächst verlängert, später die einzelnen Körperabschnitte und deren Organe hervortreten läßt, bis es die Schale durchbricht, um als junger Vogel ein freies Leben zu beginnen. Seine Gestalt ist damit vollendet, es fehlt ihm nur noch an Größe, um die Übereinstimmung mit der Mutter oder dem Vater zu einer vollständigen zu machen. Die fehlende Größe wird durch Wachstum erreicht, das

Digitized by Google

Material zum Wachsen liefert die Nahrung. Doch auch das ausgewachsene Huhn kann der Nahrung nicht entraten, es frißt so gut, wie das Kücken. Dies Erfordernis der Ernährung auch bei erwachsenen Tieren lehrt, daß die Nahrung noch zu etwas anderem notwendig ist als zum Wachstum; und, was noch eingehender zu betrachten sein wird, diese zweite Bedeutung der Nahrung ist wichtiger als die erste. Die Nahrung versorgt das Tier nicht nur mit Baumaterial, um den Körper zu vergrößern, sondern auch mit Material, um den durch Energieverbrauch bedingten täglichen Stoffverlust zu decken. Durch Verbrauch von Energie wird aber das Leben erst ermöglicht und gefristet; das gilt für Pflanzen so gut wie für Tiere.

Während in diesem Gestaltwechsel und Energiewechsel, wovon der letztere bis zum Tode andauert, ein Hauptmoment des Lebens zum Ausdruck gelangt, während durch den Tod selbst jedem Organismus nach Verlauf einer kürzeren oder längeren Spanne Zeit ein Ende bereitet wird, tritt uns neben der Entwicklung als zweite Haupterscheinung des Lebens die Mannigfaltigkeit der Organismen entgegen. Die durch Fortpflanzung auseinander hervorgehenden Individuen sind einander äußerst ähnlich; es bestehen aber die größten Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Generationsreihen. Ein Bär, eine Ente, ein Hecht, ein Schmetterling, ein Krebs, eine Qualle — ein Apfelbaum, eine Teichrose, ein Moos, ein Pilz können nicht verschiedenartiger sein; und doch sind alle diese Organismen Träger eines in seinen Grundzügen identischen Lebensprozesses. Die ungeheure Fülle der Lebensformen hat den Menschen frühzeitig zur Klassifikation genötigt, bei der ganz allgemein Pflanzen und Tiere unterschieden wurden, dann verschiedene Klassen, Ordnungen und Gattungen, endlich die Arten, wie Löwe, Tiger, Jaguar, Panther, Hauskatze; oder Süßkirsche, Sauerkirsche, Aprikose, Zwetsche, Pflaume, Schlehe. Und wenn im Vergleich zum Auskristallisieren der Mineralien das Auftreten belebter Wesen

Digitized by Google

auf der Erdoberfläche uns als Wunder erscheinen muß, so steigert sich die Größe dieses Wunders in Anbetracht der ungeheuren Vielgestaltigkeit der Tiere und Pflanzen. Beides, das Auftreten des Lebens überhaupt und seine Erscheinung unter der Mannigfaltigkeit der Arten hat von jeher eins der wichtigsten Objekte der spekulativen Naturbetrachtung gebildet. Denn wenn wir auch heute durch unsere Beobachtung keine andere Art der Entstehung lebendiger Wesen kennen lernen, als die Abstammung eines Organismus von einem andern, so werden wir doch anerkennen, daß einmal eine Hitze auf unserer Erde geherrscht haben muß, die das Vorkommen von Lebewesen ausschloß, und daß daher die ersten Pflanzen oder Tiere elternlos entstanden sein müssen.

Man hat geglaubt, das Leben als das Erzeugnis einer besonderen Kraft, der Lebenskraft, ansehen zu sollen. Dieselbe hat in einer längst hinter uns liegenden Periode der Physiologie eine Rolle gespielt. Diese Lebenskraft sollte sich tätig erweisen in allem, wodurch Pflanzen und Tiere über leblose Chemosen hinausragen, sie sollte im Tode verschwinden, um sich bei der Fortpflanzung in das Unbegrenzte zu vermehren. Auf Regungen der Lebenskraft sollten alle Vorgänge der Ernährung und des Stoffwechsels, der Entwicklung und der Fortpflanzung beruhen; kurz, es war eine Hypothese, durch welche die Physiologie sich ihre Erklärungen leicht machte. Man glaubte in ihr die verwickelten Erscheinungen des Lebens zurückgeführt zu haben auf ein einfaches Prinzip, wie es Newton mit den Bewegungen der Gestirne geglückt war; und man übersah, daß man statt einer Erklärung ein Wort geschaffen hatte, das schließlich kaum etwas anderes bedeutet als das Wort Leben selbst.

Heute ist diese Anschauung durchaus überwunden. Es handelt sich in der Physiologie nicht mehr um die Zauberkünste einer eingebildeten Lebenskraft, sondern um ein Erkennen des gesetzmäßigen Geschehens im Lebensprozeß und um den Versuch, die Lebenserscheinungen soweit wie möglich

Digitized by Google

auf Prinzipien zurückzuführen, die für die Erscheinungen der gesamten Körperwelt Gültigkeit besitzen.

Dadurch ist die Physiologie zur Lehre von den Bewegungen geworden, deren Gesamtheit das Leben ausmacht. Ganz unzweifelhaft beruhen Ernährung, Energiewechsel, Fortpflanzung, Entwicklung und Empfinden auf Bewegungsvorgängen, die sich an materiellen Systemen von eigenartiger Konfiguration abspielen. Denn materielle Systeme von höchst verwickelter Konfiguration sind die Körper der Pflanzen und der Tiere.

Soweit die Physiologie in der Analyse dieser Bewegungserscheinungen vorgedrungen ist, haben sich ihre Probleme gleichsam von selbst in zwei Gruppen zerlegt. Die eine Erscheinungsgruppe ist verhältnismäßig durchsichtig und steht im Einklange mit den allgemeinen Vorgängen in der Körperwelt; sie sind der Zerlegung durch die Beobachtung und das Experiment zugänglich. Ihre vollständige Entzifferung ist daher zu erhoffen, ihre restlose Zurückführung auf chemisch-physikalische Prozesse nicht aussichtslos. Dies sind besonders Vorgänge der Ernährung im weitesten Sinne. Dahinter stehen aber Tatsachen der Entwicklung und Fortpflanzung, und in ihnen stößt die Forschung bei allen Untersuchungen und trotz allem Nachweise energetischer Grundlagen auf ein X, einen Faktor, welcher der Erklärung durch physikalische und chemische Vorgänge spottet. Und dies in den Entwicklungserscheinungen steckende X spielt auch überall in die Ernährungsvorgänge mit hinein, es erscheint als ein so wesentlicher Faktor im ganzen Lebensgetriebe, daß chemische und physikalische Kräfte allein nicht ausreichen dürften, das Leben auch nur des unvollkommensten Organismus zu erhalten; geschweige denn, einen solchen aus unbelebten Chemosen erstehen zu lassen.

Somit greift die Aufgabe der Physiologie über die Gebiete der Morphologie, der Physik und der Chemie hinaus. Die Organismen besitzen Eigenschaften, denen mit chemischen und physikalischen Hilfsmitteln nicht beizukommen ist, die

Digitized by Google

sich mit Hebeln und Schrauben nicht zwingen lassen. Dennoch wird es methodisch richtig sein, in jedem Einzelfall zu versuchen, ob eine physikalisch-chemische Erklärung möglich ist; und erst wenn sie nicht gelingt, an das physiologische X zu denken. Weil aber nach allen bisherigen Erfahrungen die Physiologie bei jenen Versuchen es nicht bewenden lassen darf, ist sie eine selbständige Wissenschaft, deren Untersuchungsmethoden mit denen der Physik und Chemie sich keineswegs immer decken; und soviel sie diesen Wissenschaften auch zu verdanken hat, würde es doch verfehlt sein, die Physiologie als Chemie und Physik der Organismen zu definieren. Wollten wir dies tun, so würden wir das Auge vor wichtigen und wesentlichen Erscheinungen verschließen und uns selbst den Weg zur Erkenntnis verbauen. Dies gilt wenigstens unbedingt von der gegenwärtigen Phase unseres physiologischen Wissens. Prophezeiungen darüber anzustellen, ob nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden uns die Erscheinungen der Arbeit der Organismen, ihre Entwicklung und ihre Mannigfaltigkeit vielleicht in anderem Lichte erscheinen können als heute, ob jenes große X doch einmal physikalisch-chemisch erklärbar sein wird, halte ich für ein unfruchtbares Beginnen.

Digitized by Google

Kapitel 15.

Die Zelle.

Die Zelle bildet das anatomische Element des Tier- und Pflanzenkörpers. Diese Erkenntnis gehört zu den großen Errungenschaften des neunzehnten Jahrhunderts, wenn auch ihre Wurzeln bis in das siebzehnte Jahrhundert zurückreichen. Im Jahre 1667 machte der englische Physiker Hooke mit dem zu jener Zeit verbesserten Mikroskope die Entdeckung, daß feine Durchschnitte von Kork oder Hollundermark eine zellige Struktur besitzen, ähnlich den Honigscheiben der Bienenstöcke, und daß ein solcher Bau den Pflanzen allgemein zukommt. Seit jener Entdeckung haben zahlreiche Botaniker und Zoologen die Textur der Pflanzen und Tiere mikroskopisch durchforscht, aber es hat noch zwei Jahrhunderte gewährt, bis man in der Zelle den Mikrokosmos erkannte, an dem alle Grunderscheinungen des Lebens sich abspielen. In Bezug auf den Tierkörper hat diese Erkenntnis sich darum langsamer durchgerungen, weil die ausgewachsenen Gewebe der Tiere großenteils ihre zellige Struktur wieder einbüßen, die auf den embryonalen Entwicklungsstufen überall klar hervortritt. Es stimmen aber die Zellen der Pflanzen und der Tiere in allen wichtigen Merkmalen so sehr überein, daß es ausreichen wird, wenn ich hier vorwiegend die Pflanzenzelle berücksichtige unter gelegentlichem Hinweis auf Besonderheiten tierischer Zellen.

Die Zellen sind meistens so klein, daß wir des Mikroskopes bedürfen, um sie deutlich zu sehen. Im allgemeinen

Digitized by Google

schwankt der Durchmesser einer Zelle zwischen einem zehntel und einem hundertel Millimeter. Es gibt aber auch Zellen, die kaum ein tausentel Millimeter breit sind und welche damit an die Grenze des mikroskopisch Erkennbaren rücken; auf der anderen Seite gibt es Riesenzellen von stattlichen Dimensionen. Während eine Blütenpflanze, ein Moos, ein Farrenkraut u. s. w. aus Tausenden und Millionen kleiner Zellen sich aufbaut, gehören jene Riesenzellen meist Meeresalgen an, deren Körper nur aus einer einzigen großen Zelle besteht. So die Valonia, eine grüne, bläschenförmige Alge, deren Arten in Form und Größe wechseln von der Gestalt einer Erbse bis zu der eines Taubeneies; die Acetabularia, welche fingerlang wird und die Gestalt eines kleinen Sonnenschirms nachahmt; die Caulerpa, welche einer höheren Pflanze mit Stengel, Wurzeln und Blättern gleicht, die Ausdehnung von einem Meter erreichen kann, trotzdem aber nur aus einer einzigen Zelle besteht.

Es gibt aber auch unter den Algen und Pilzen außerordentlich kleine einzellige Formen, und gerade die kleinsten Zellen, welche man kennt, gewisse Spaltpilze, leben isoliert, ohne mit anderen Zellen verbunden zu sein.

Die große Mehrzahl der Gewächse besteht aus vielen kleinen, eng verbundenen Zellen, man spricht von einem Zellgewebe. Die Gestalt dieser Zellen ist meist polyedrisch, kugelig, zylindrisch oder fadenförmig, doch kommen auch ganz andere Gestalten vor, und die erwähnten großen, einzelligen Algen können als Beispiel dafür dienen, daß die äußere Form einer Zelle höchst veränderlich ist.

Wir können jede Zelle als ein lebendes Einzelwesen ansehen, auch wenn ihre Wände mit denen anderer Zellen zu einem festen Gewebe verbunden sind. Eine gewöhnliche Pflanzenzelle ist vergleichbar einer Schnecke im Gehäuse; das Schneckenhaus entspricht der Zellwand, welche die Zelle nach außen abgrenzt. Wie es Nacktschnecken gibt, die des Gehäuses entbehren, so gibt es auch nackte Zellen ohne Zellwand. Solche

Digitized by Google

nackte Zellen sind im Tierreiche die häufigeren, während im Pflanzenreiche die in eine Haut oder Wand eingekapselten Zellen überwiegen. Wesentlich kann darum die Zellwand für den Zellenbegriff nicht sein, sondern dasjenige, was von der Wand umschlossen wird, ist die Hauptsache, und dies fasse ich als den Zellenleib zusammen, weil es dem lebendigen Körper eines Tieres, z. B. einer Schnecke, vergleichbar ist (Fig. 1).

Die tausende kleiner Zellenleiber, die sich zum Aufbau eines Tieres oder einer Pflanze zusammenschließen, sind sehr vielgestaltig und innerhalb des Gesamtorganismus mit den verschiedensten Aufgaben betraut. Einem Staatswesen oder

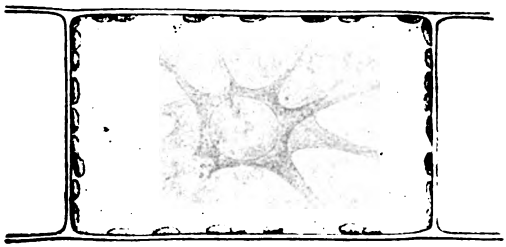


Fig. 1. Eine mit zwei anderen Zellen verbundene Pflanzenzelle, von einer farblosen Zellwand umgeben. In der Mitte liegt der Kern mit dem Nukleolus; er ist von dem dunkler getönten Protoplasma umgeben, dessen Fortsätze gegen die Wand hin verlaufen, der zahlreiche kleine Farbträger (Chromatophoren) angelagert sind. Der dazwischen befindliche Zellsaft ist heller abgetönt.

einer Fabrik mit zahlreichen Arbeitern, die nach einheitlichem Plane tätig sind, läßt sich ein großer Organismus vergleichen. Da aber die Grunderscheinungen des Lebens bereits an der Einzelzelle hervortreten, so liegt das größte Interesse am Tage, eine genaue Kenntnis der Organisation des Zellenleibes zu gewinnen. An darauf gerichteten Bemühungen hat es nicht gefehlt; schrittweise ist man vorgedrungen in der Entzifferung immer feinerer mikroskopischer Strukturen, und es ist uns in der Zelle ein lebendiges Wesen von so wunderbarer Ausgestaltung enthüllt worden, daß man nicht weiß, was das Erstaunlichere ist: die bei der geringen Größe so weitgehende anatomische Ausbildung und Sonderung der Teile, oder die

Digitized by Google

in den wesentlichen Stücken fast vollständige Übereinstimmung dieser Organisation durch das ganze Tierreich und Pflanzenreich hindurch.

Die Wand der Pflanzenzelle ist eine glashell-durchsichtige Kapsel, welche die Festigkeit von Pergamentpapier oder Holz besitzt, in einigen Fällen auch nur die von angefeuchteter Gelatine. Sie hat die für die Ernährung der Zellen äußerst wichtige Eigenschaft der Porosität, wenn auch ihre Poren zu fein sind, um mit den schärfsten Mikroskopen gesehen zu werden. Wir können aber die Porosität der Zellwand aus dem Umstande erschließen, daß Wasser und wässerige Lösungen, z. B. Salz- oder Zuckerlösung, durch sie annähernd so leicht hindurchfiltrieren wie durch angefeuchtetes Löschpapier. Den einzeln lebenden Zellen bietet die Zellwand Schutz als Gehäuse; in den großen Pflanzen zerlegt sie die Substanz der Blätter, Stengel, Wurzeln u. s. w. in viele kleine, von weicher Masse erfüllte Hohlräume, zwischen denen die Wände zum Skelett sich ordnen und der Pflanze die erforderliche Festigkeit gewähren. Das gilt in gesteigertem Maße von den faserförmig gestreckten dickwandigen Zellen, auf denen die Festigkeit des Holzes und Bastes beruht.

Innerhalb der glashellen Zellwand liegt der Zellenleib. Er besteht zum großen Teile aus einer gleichfalls farblosen Substanz von schaumartigem Aussehen, dem Protoplasma. Die von den Schaumlamellen umschlossenen Kammern des Protoplasma enthalten eine wässerige Flüssigkeit. In die feinen Platten des Protoplasma sind glänzende Körnchen eingelagert, deren größere sich als Bläschen unterscheiden lassen, die mit stärker lichtbrechenden Substanzen angefüllt sind. Die außerordentlich feinen Plasmalamellen müssen im Vergleiche zu der Flüssigkeit, die sie einschließen, als feste Substanz gelten, obgleich sie plastisch-weich sind, und eine gewisse Verschiebbarkeit ihrer Teile unverkennbar ist.

Die Gerüstsubstanz des Protoplasma, aus der die Lamellen bestehen, ist mit Wasser nicht mischbar, wohl aber ist sie mit

Digitized by Google

wässeriger Flüssigkeit durchtränkt. Von dem verschieden großen Wassergehalte hängt der Aggregatzustand des Protoplasma ab.

Es läßt sich das Protoplasma des Zellenleibes vergleichen dem kontraktilen Fleische der Tiere, das wir in seiner vollkommenen Ausbildung Muskel nennen. Mit dem Worte kontraktil bezeichnet man die Eigenschaft einer Substanz, sich abwechselnd zusammenziehen zu können und dabei dicker, sich auszudehnen und dabei dünner zu werden. Durch diese Kontraktilität ist das Protoplasma wie ein Muskel befähigt, Bewegungen auszuführen.

Im Innern einer Zelle zeigt das Protoplasma wechselnde Konfiguration. Man findet es in mehr oder weniger dicker Schicht der Zellwand anliegen, dann auch in Bändern und Fäden quer durch den Hohlraum der Zelle hindurchgespannt. Sowohl die Wandschicht als auch die fadenförmigen Stränge sehen wir an einzelnen Stellen bald anschwellen, bald sich wieder verdünnen. Wie man durch Reizung, z. B. durch elektrische Induktionsströme, eine Muskelfaser zur Kontraktion bringt, so geschieht ein Gleiches auch mit Protoplasmasträngen. Auf Einwirkung von Induktionsschlägen ziehen sie sich zusammen, oft unter kugeligen Auftreibungen, um nach Aufhören der Reizung sich wieder auszustrecken. Daher teilt das Protoplasma mit der Muskelfaser auch die wichtige Eigenschaft der Reizbarkeit, und zwar ist es nicht nur reizbar für Elektrizität, sondern auch für zahlreiche anders geartete Einwirkungen.

In lebenden Zellen findet man das Protoplasma in fortwährender Bewegung begriffen, bald nur ganz langsam und dann schwierig nachweisbar, bald schneller, so daß man die Änderungen seiner Konfiguration unter dem Mikroskope leicht verfolgen kann. Insbesondere zeigen die feinen, den Schaumplatten eingelagerten Körner eine Strömung, bald hierhin, bald dorthin, was für die Unterhaltung des Stoffwechsels, von dem das Leben abhängt, sicher von großer Bedeutung ist.

Die Massenverschiebungen und Umrißänderungen im Protoplasma führen an manchen Zellen, die nicht in eine Zellwand

Digitized by Google

eingekapselt sind, dahin, daß eine solche Zelle über einen festen Gegenstand hinwegzukriechen vermag. Es wird dabei in einer Richtung ein Fortsatz vorgeschoben, an der entgegengesetzten Seite ein solcher eingezogen; das Ergebnis ist eine Vorwärtsschiebung des ganzen Zellenorganismus. Solche nackten Pflanzenzellen finden sich fast immer isoliert, als einzellige Algen und Pilze oder als Keime größerer Gewächse.

Den wichtigsten Beleg für die Kontraktilität des Protoplasma liefern die Geißeln oder Ruderorgane der Schwärmsporen. Darunter verstehen wir die Keimzellen von Algen, die im Wasser lebhaft umherschwimmen. Sie sind aus der Zellhaut der Mutterzelle ausgeschlüpft und strecken aus der Gerüstsubstanz ihres Protoplasma dünne peitschenartige Fäden hervor, die sich lebhaft bald korkzieherartig zusammenziehen, bald wieder gerade strecken und zugleich um ihren Anheftungspunkt schwingen. Diese Geißeln wirken durch ihre Bewegung wie die Flossen eines Fisches, sie treiben die Spore im Wasser mit Geschwindigkeit vorwärts, so daß man solche Schwärmsporen früher mit Infusionstierchen verwechselt hat. In ihrem Verhalten gleichen sie einer kontraktilen Muskelfibrille. Wie sie aus dem Protoplasma ausgestreckt wurden, so können sie auch wieder eingezogen werden, und sie verschmelzen dann wieder mit der übrigen Gerüstsubstanz des Protoplasma. Als flüssig oder halbflüssig können diese Geißeln unmöglich gelten; sie wären dann so wenig imstande, die mechanische Arbeit der Fortbewegung der Spore zu leisten, wie es möglich ist, ein Boot zu bewegen mit Rudern, die aus einer Flüssigkeit bestehen.

Es können im Kammersaft des Protoplasma außer gelösten Stoffen, wie Eiweiß, Zucker u. s. w. auch zahlreiche unlösliche Substanzen zur Ablagerung kommen. Häufig findet man Fetttropfen, nicht selten Kristalle, besonders verbreitet sind Stärkekörner. In den Zellen der heranreifenden Pflanzensamen wird die Kammerflüssigkeit durch solche feste Einschlüsse zuletzt ganz verdrängt, auch die Gerüstsubstanz trocknet aus, sie ist im reifen Samen nicht mehr plastisch weich, sondern

Digitized by Google

trocken, hart, spröde, zu Mehl zerreibbar. Legt man ein solches Samenkorn in feuchtes Erdreich, so saugt es sich zunächst voll Wasser, die Gerüstsubstanz des Protoplasma der Zellen weicht auf, erlangt von neuem ihre Plastizität und Kontraktilität, die in den Kammern abgelagerten Stärke- und Eiweißkörner lösen sich auf und machen wässeriger Flüssigkeit Platz, und erst dann sind nach mehr oder weniger langer Ruheperiode die Zellen wieder in den Stand gesetzt, alle Lebensverrichtungen zu erfüllen.

Vom Protoplasma eingeschlossen findet sich in der Pflanzenzelle ein von den kleinen Kammern zu unterscheidender größerer, gleichfalls mit Flüssigkeit erfüllter Hohlraum; er heißt der Saftraum, sein Inhalt wird Zellsaft genannt. Der Zellsaft ist eine Ausscheidung des Protoplasma. Man erkennt dies deutlich, wenn man die Entwicklung einer Pflanzenzelle verfolgt. In der jungen Zelle ist gewöhnlich noch gar kein Zellsaft abgesondert, sie ist ganz von Protoplasma erfüllt. Dann beginnen einzelne Kammern des letzteren sich aufzublähen und dabei abzurunden, sie vergrößern sich immer mehr und werden nun Vakuolen genannt; es sind wassererfüllte Blasen, welche wachsen, bis sie miteinander zu einem einzigen Saftraume zusammenfließen. Dieser Saftraum ist aufzufassen als ein Organ der Zelle, bestimmt zur Aufnahme von Ausscheidungsstoffen aus dem Protoplasma. Daher unterscheidet sich der Zellsaft auch chemisch von der Kammerflüssigkeit des Protoplasma, die letztere reagiert alkalisch, der erstere gewöhnlich sauer. Es ist in der Bildung des Saftraums ohne Zweifel eine besondere Organisation des Zellenleibes zu erblicken; denn es gibt Zellen, die keinen eigentlichen Saftraum besitzen, dafür zeigt ihr Protoplasma gewöhnlich nur wenige relativ große Kammern.

Im Innern des Protoplasma findet sich ein mehr oder weniger kugeliger, durchsichtiger Körper, der Zellkern; dies ist, wenn nicht der wichtigste, so doch zweifellos der interessanteste Teil des ganzen Zellenleibes. Bei seiner Farblosigkeit kann

Digitized by Google

man ihn vom Protoplasma nur unterscheiden, weil er ein abweichendes Lichtbrechungsvermögen besitzt. Er ist umgrenzt durch eine zarte Membran, die Kernhaut, die den Kernsaft und ein darin ausgebreitetes feines Netzwerk oder Fadenknäuel, die Kernfäden, einschließt. Außerdem findet sich noch ein (mitunter mehrere) kleines kugeliges Klümpchen im Kern, der sogenannte Nukleolus (Fig. 1, S. 163).

Wir müssen dem Zellkern schon darum besondere Wichtigkeit beimessen, weil er ganz allgemein in den pflanzlichen und tierischen Zellen vorkommt. Große Pflanzenzellen besitzen oft mehrere Kerne, die sich dann gleichmäßig im Protoplasma verteilen; die Riesenzellen der Valonia, Caulerpa ꝛc. enthalten Hunderte, ja Tausende von Kernen. Von den Zellen des niedrigsten Pflanzentypus, den Bakterien, glaubte man lange, daß sie kernlos wären. Nach späteren Untersuchungen schien sich herauszustellen, daß bei denselben nur Kern und Protoplasma nicht so scharf gesondert wären, wie bei anderen Pflanzenzellen; es hat sich indessen neuerdings gezeigt, daß die Schwefelbakterien wirklich kernlos sind.

Trotz seiner allgemeinen Verbreitung haben wir von den Verrichtungen des Kerns immer noch keine befriedigende Vorstellung. Er ist eine Art von Zentralorgan des Zellenleibes, von den übrigen Teilen desselben anatomisch in ähnlicher Weise gesondert wie Gehirn oder Herz vom Körper des Wirbeltieres; er scheint regulierend einzuwirken auf verschiedene Vorgänge der Lebenstätigkeit. Besonders interessant ist das Verhalten des Kerns bei der Fortpflanzung der Zellen.

Ein Zellkern kann sich nämlich durch Teilung verdoppeln und, wenn diese Teilung fortgesetzt wird, in das Unbegrenzte vermehren. Bei diesem Vorgange der Teilung tritt die feinere Struktur des Kerns in besonderer Schärfe hervor und durchläuft eine Anzahl Phasen innerer Umbildung, deren genauere Kenntnis zu den bedeutendsten Errungenschaften der Zellenanatomie gehört. Die Wichtigkeit dieses verwickelten Bewegungs- und Umlagerungsprozesses, welchen der Zellkern bei

Digitized by Google

seiner Teilung durchmacht, der sogenannten Mitose, ist darum so groß, weil sich gezeigt hat, daß die zwar in Einzelheiten voneinander abweichenden Strukturen der Kerne der verschiedenen Tier- und Pflanzentypen doch in den wesentlichen, in den Grunderscheinungen übereinstimmen, wodurch die Auffassung von der prinzipiellen Identität aller Lebensformen eine mächtige Stütze erhält. Außerdem ist es überaus merkwürdig, zu sehen, welch ungeahnte Strukturen das Mikroskop in einem so kleinen Organe des Zellenleibes, dem früher für homogen gehaltenen Zellkerne, enthüllt.

Sobald ein Zellkern zur Teilung sich anschickt, gerät das ganze Innere des Kerns nebst dem Protoplasma seiner nächsten Umgebung in eigentümliche Bewegung. Zuerst verlängert sich der Kern und nimmt Ei- oder Tonnenform an, an welcher zwei Pole zur Ausprägung gelangen. In dieser Phase der Mitose haben sich die Kernfäden verdickt und verkürzt, sie gleichen einem lockeren Knäuel feiner Würmer, die in langsamen Krümmungen begriffen sind. Diese wurmartigen Fäden können sich dann noch durch Querteilung vermehren; ihre Zahl scheint zuletzt für die einzelnen Tier- und Pflanzenarten eine konstante zu sein. Weil die Fäden zum großen Teil aus einer eigentümlichen Substanz, dem Nuklein, bestehen, werden sie auch wohl als Nukleinfäden oder Nukleinschleifen bezeichnet (Fig. 2).

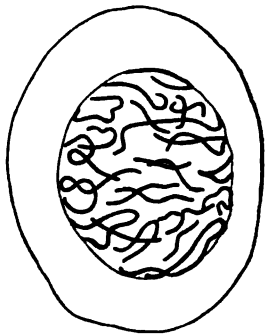


Fig. 2. Ein zur Teilung sich anschickender Kern. Das umgebende, membranlose Protoplasma ist nicht ausgeführt; innerhalb des Kerns haben sich die wurmförmigen Nukleinfäden gesondert.

Die zweite Phase der Kernteilung hebt damit an, daß die Kernmembran aufquillt und der Kern seine scharfe Abgrenzung gegen das Protoplasma verliert; auch der Nukleolus verschwindet. Die Eiform des Kerns geht in die einer zweispitzigen, in der Mitte verhältnismäßig dicken Spindel über, wobei sich im Kernsaft zahlreiche farblose Fasern aussondern,

Digitized by Google

die von den viel dickeren Nukleinschleifen durchaus verschieden sind und sich von einem Pol der Kernfigur zum andern hinüberziehen; sie werden die Spindelfasern genannt. An der Oberfläche der Spindel zeigen die Fasern einen Verlauf, wie die Meridianlinien auf einem Erdglobus. Die Nukleinschleifen haben sich während des Hervortretens der Spindelfasern in der Mitte der Kernspindel, in der „äquatorialen Zone" derselben, zu einem Kranze oder Sterne geordnet, sie haben sich dabei in ihrer Mitte hakenförmig gebogen oder geknickt, in der Weise, daß die Knickungsstelle gegen die Achse der Spindel,

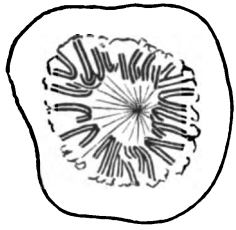


Fig. 3. Vorgeschrittene Phase der Kernteilung. Man blickt gegen den einen Pol der Kernspindel; die Nukleinfäden haben sich der Länge nach gespalten.

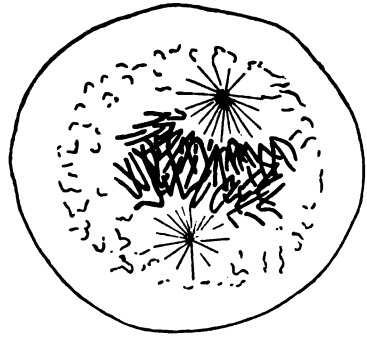


Fig. 4. Weiterer Fortschritt der Kernteilung; man sieht beide Pole der Kernspindel, deren mittlerer Teil nicht ausgeführt wurde, um die dicken Nukleinfäden besser hervortreten zu lassen. Letztere bilden den sogenannten Doppelstern.

die beiden Schenkel nach außen gekehrt sind. Endlich spaltet sich jede Nukleinschleife der Länge nach in zwei Fäden, so daß, wenn es anfangs etwa 24 waren, nunmehr deren 48 im Kerne vorhanden sind (Fig. 3).

In der dritten Phase der Teilung sondern sich diese 48 Schleifen derartig voneinander, daß zu beiden Seiten des Äquators der Kernspindel je 24 Schleifen zu liegen kommen; die Gesamtheit der Schleifen bildet somit einen Doppelstern (Fig. 4). Dann werden diese beiden Sternfiguren von den Polen der Spindel angezogen und wandern an den Spindelfasern entlang gegen die Pole hin, wobei sie den Winkel ihrer

Digitized by Google

Knickung polwärts kehren. An jedem Pol liegt zuletzt ein aus 24 Nukleinfäden bestehender Stern; jeder Faden verkürzt sich in der Folge und wird dicker, die Fäden rücken dabei immer dichter zusammen (Fig. 5).

Die vierte und letzte Phase der Teilung besteht darin, daß an jedem Pol der Kernspindel die Nukleinfäden sich wieder in ein Knäuel umordnen; die Spindelfasern werden undeutlich, es sind aus dem Mutterkerne zwei Tochterkerne geworden, die sich durch eine zarte Haut gegen das Proto-

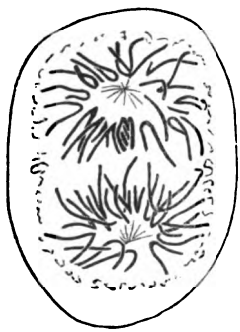


Fig. 5. Die Nukleinfäden sind an die beiden Pole der Spindel gewandert.

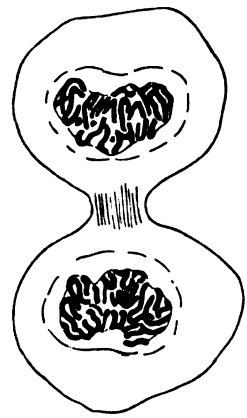


Fig. 6. Die Nukleinfäden haben sich zu zwei Tochterkernen zusammengeschlossen; die ganze Zelle ist in Durchschnürung begriffen.

plasma abgrenzen. Der Akt der Teilung ist vollendet; in weiterer, langsamer Umbildung und durch Wachstum nehmen die neuen Kerne die Struktur und das Aussehen des ursprünglichen Kerns wieder an, und in jedem Tochterkern ist dann wieder die Zahl von 24 Nukleinfäden vorhanden, die mehr oder weniger miteinander in Zusammenhang treten können (Fig. 6).

Außer dem Kern findet sich in der Mehrzahl der Pflanzenzellen ein zweites anatomisch wohl unterscheidbares Organ, und zwar in der Regel in der Mehrzahl: es sind die Farb-

Digitized by Google

träger oder Chromatophoren, auch wohl Chlorophyllkörper genannt. In den Zellen der höheren Gewächse erscheinen sie als rundliche, grün gefärbte, aber glasartig durchscheinende kleine Platten, die den peripherischen Schichten des Protoplasma eingebettet sind. Diese Farbträger bestehen aus einer farblosen Grundlage, die von dem grünen Chlorophyllfarbstoff durchtränkt wird. Letzteren kann man mit Alkohol ausziehen, es bleibt dann die ungefärbte Grundmasse des Farbträgers in den ursprünglichen Umrissen zurück. Auch diese Farbträger vermehren sich durch Zweiteilung. Dieselbe vollzieht sich als einfache Durchschnürung; innere Umlagerungen der Teile sind dabei nicht wahrzunehmen (vgl. Fig. 1, S. 163).

Die Farbträger sind gleichfalls äußerst wichtige Organe des Zellenleibes, und im Gegensatz zum Kerne kennen wir ihre Funktion: es sind Organe für die Assimilation der Kohlensäure, welche sich nur unter ihrer Mitwirkung in den Zellen vollzieht. Trotz dieser großen Bedeutung für den Haushalt der Natur kommen die Farbträger keineswegs in jeder Zelle vor, sie fehlen in allen tierischen Zellen. Dadurch wird aber nicht etwa ein prinzipieller Gegensatz von Tier- und Pflanzenzelle begründet, denn auch in allen farblosen Zellen der Pflanzen, z. B. in den Zellen der Wurzeln, in der ganzen Klasse der Pilze, fehlen die grünen Farbträger. Die Konsequenz davon ist die, daß die Pilze in wesentlichen Stücken ihrer Ernährung sich mehr wie Tiere, denn wie grüne Pflanzen verhalten.

Wie der Zellkern und wie die Farbträger, so kann sich auch die ganze Zelle durch Teilung vermehren. Diese Vermehrung durch Teilung ist sogar die einzige Art der Neubildung von Zellen, die wir überhaupt kennen; es ist die Fortpflanzung der Zelle.

Der einfachste und zugleich häufigste Fall ist der, daß eine Zelle in zwei Tochterzellen zerfällt. Wir können den besonderen Fall als Beispiel nehmen, daß in einer Pflanzenzelle nur ein Zellkern und ein einziger, dann immer ver-

Digitized by Google

hältnismäßig großer Farbträger vorhanden sind. Zunächst teilen sich der Kern und der Farbträger; die beiden Tochterkerne und Tochterfarbträger rücken in der noch ungeteilten Zelle auseinander, so daß in jeder Zellenhälfte nunmehr ein Kern und ein Farbträger liegen.

Dann scheidet sich quer durch die ganze Zelle hindurch eine feste Zellwand aus, durch welche der Zellenleib in zwei Hälften zerlegt wird, wie man einen Saal durch eine Querwand in zwei Zimmer teilen kann. Dadurch ist die Bildung zweier Tochterzellen zum Abschlusse gelangt. Sie können im festen Verbande miteinander bleiben, wie in den Geweben der höheren Pflanzen; sie können sich aber auch voneinander trennen, indem die neue Teilungswand sich in zwei Lamellen spaltet, was bei einzelligen Gewächsen geschieht. Bei Zellen, die der Zellwände überhaupt entbehren, wie die meisten Tierzellen, beobachtet man nach Verdoppelung des Kerns eine bloße Durchschnürung des Zellenleibes (vgl. Fig. 6, S. 171).

Wenn der Teilung der ganzen Zelle die Verdoppelung des Kerns und des Farbträgers vorausgeht, so hat das die Bedeutung, daß jede Tochterzelle von Anbeginn ihrer Individualisierung an mit den wichtigsten Organen ausgerüstet sein muß. Denn ohne Kern kann sie nicht bestehen, und ohne Farbträger kann sie nicht assimilieren, das will sagen, nicht von anorganischen Stoffen leben. Eine der bedeutsamsten Tatsachen in der Entwicklungsgeschichte der Zellen ist aber die, daß Kerne wie Farbträger niemals aus dem Protoplasma ausgeschieden werden, sondern daß beide nur durch Teilung von ihresgleichen zu entstehen vermögen, gerade so wie die ganze Zelle. Auch Kerne und Chromatophoren entstehen somit lediglich durch einen Fortpflanzungsprozeß. Waren in der Mutterzelle mehrere Zellkerne oder mehrere Farbträger vorhanden, so braucht eine Vermehrung derselben der Zellteilung nicht vorauszugehen. In diesem Fall wird zuerst der Protoplasmaleib der Zelle in zwei Hälften zerlegt, so daß ungefähr die halbe Anzahl der Kerne und Farbträger auf je

Digitized by Google

eine Tochterzelle entfällt. Dann erst teilen sich auch Kerne und Farbträger, so daß jede der beiden neuen Zellen die gleiche Zahl dieser Organe erhält, welche die Mutterzelle besaß.

Eine fortgesetzte Zweiteilung führt dahin, die Zahl der Zellen in einem sich entwickelnden Organismus nach geometrischer Progression zu vermehren. Die Millionen von Zellen eines Eichbaumes sind alle durch fortschreitende Teilung aus der einen Keimzelle des Baumes hervorgegangen. Ebenso stammt aber auch jeder Zellkern und jeder Farbträger des Baumes von dem Zellkern der Keimzelle und von den in dieser enthaltenen kleinen Farbträgern ab.

Natürlich müßte bei fortlaufender Zweiteilung die Masse des Protoplasma, der Kerne, der Farbträger sich unausgesetzt halbieren und dadurch schnell auf ein Minimum sinken, wenn nicht zugleich durch Aufnahme und Assimilation von Nährstoffen die Masse der Zelle und ihrer Organe einen unausgesetzten Zuwachs erführe. Gewöhnlich sehen wir sowohl den Kern wie die ganze Zelle schon vor der Teilung sich bedeutend vergrößern; aber auch während des Teilungsprozesses und unmittelbar nachher kann Zufuhr von Nährsubstanz und Wachstum der Zellorgane stattfinden.

Protoplasma, Kerne und Farbträger beeinflussen sich wohl wechselseitig in ihrer Ernährung, führen aber sonst nebeneinander in gewissem Sinne ein selbständiges Dasein. Der Kern kann nur wachsen, wenn das Protoplasma ihm Nährstoffe zuführt; und umgekehrt kann das Protoplasma nur leben, wenn es vom Kerne beeinflußt, regiert wird. Das Protoplasma kann wohl seine Masse vermehren durch Assimilation fremder Substanz, namentlich unter Mitwirkung der Farbträger; allein einer vollständigen Neubildung von Protoplasma aus seinen Nährstoffen widerspricht alle Erfahrung. Die Nährstoffe können nur organisiert, d. h. in Bestandteile des lebenden Zellenleibes umgewandelt werden, wenn bereits lebendes Protoplasma vorhanden war, und zwar durch die assimilierende Tätigkeit dieses letzteren selbst. Wenn wir aber

Digitized by Google

von diesem Zuwachs der organisierten Materie durch Assimilation absehen, so ist mit Nachdruck hervorzuheben, daß alles Protoplasma von bereits früher dagewesenem Protoplasma abstammt, alle Zellkerne und Farbträger von früher dagewesenen Kernen und Farbträgern, sogar jede Nukleinschleife von der Nukleinschleife eines früheren Kerns; denn alle diese Zellenorgane können nur durch Teilung von ihresgleichen gebildet werden. Da die Keimzellen der Organismen auch ihrerseits durch Teilung von Mutterzellen entstanden sind, so zieht sich diese Abstammung der Zellenorgane von ihresgleichen kettenweise durch die Generationen der Tier- und Pflanzengeschlechter hindurch.

Digitized by Google

Kapitel 16.

Chemie der Zelle.

Nicht nur durch Gestalt und sichtbare Struktur, sondern auch durch ihre chemische Beschaffenheit sind die Organismen gekennzeichnet.

Allerdings nehmen an ihrem Aufbau keine anderen Grundstoffe teil, als auch in der anorganischen Erdrinde enthalten sind. Und weil die chemischen Kräfte oder Energien an den Stoffen haften, so müssen wir folgern, das auch die chemischen Grundkräfte, welche den Leib der Pflanzen und Tiere zusammenhalten, keine anderen sind, als diejenigen, welche wir wirksam sehen im Bereich der unbelebten Materie.

Die Grundstoffe, welche die Elementaranalyse in allen Organismen nachweist, sind folgende: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor und Chlor; Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen. Diese Grundstoffe sind allgemein über unseren Planeten verbreitet. Aber es mußten aus ihnen erst ganz bestimmte Verbindungen entstehen, um die chemische Grundlage der Zellen zu liefern, und durch diese Verbindungen bildet der Körper der Pflanzen und Tiere in chemischer Hinsicht einen tiefen Gegensatz zur anorganischen Natur.

Man hat die Verbindungen, aus denen die Organismen sich zusammensetzen, seit langer Zeit organische Verbindungen genannt, und man glaubte früher, daß sie nur in den Pflanzen und Tieren erzeugt werden könnten. Den Teil der chemischen

Digitized by Google

Wissenschaft, der sich mit diesen Verbindungen beschäftigt, nannte man daher organische Chemie.

Ein wichtiges Forschungsergebnis der Chemiker unseres Jahrhunderts ist aber dies, daß es gelingt, im Laboratorium, meist auf verschlungenen Wegen der chemischen Kunst, einen großen Teil dieser organischen Substanzen auch künstlich, ohne Mitwirkung der Tätigkeit lebender Zellen, aufzubauen. Und wenn die künstliche Synthese einer wichtigen Gruppe jener Verbindungen, der Eiweiß- oder Proteinkörper, noch nicht gelang, so liegt das gewiß nur daran, daß man die chemische Struktur der Proteinkörper noch nicht hinlänglich kennt, und es ist nicht zu bezweifeln, daß ihre Synthese nur eine Frage der Zeit ist. Soviel können wir aber heute schon sagen, daß die Möglichkeit der künstlichen Erzeugung aller organischen Verbindungen im Prinzipe feststeht.

Wenn der Chemiker in seiner Werkstatt Zuckerarten, Fette, Alkohole, Säuren und wie die organischen Körper sonst heißen mögen, synthetisch herstellt, so liefert er damit den Beweis, daß die allgemeinen chemischen Kräfte ausreichen, um aus den Elementen organische Verbindungen aufzubauen, daß es dazu besonderer chemischer Kräfte, die nur in lebenden Zellen ihren Sitz hätten, nicht bedarf; und wir folgern aus dieser Tatsache, daß es solche besonderen chemischen Kräfte im Organismus überhaupt nicht gibt. Aber ebenso sicher ist, daß die genannten organischen Substanzen, wie z. B. der Zucker, außerhalb der Zellen niemals von selbst entstehen, niemals durch das blinde Walten der allgemeinen chemischen Kräfte gebildet werden, sondern daß diesen Kräften durch die Intelligenz des Menschen die Richtung vorgezeichnet, der Weg gewiesen werden muß, um zur Synthese einer organischen Verbindung zu führen. Die Erzeugung der organischen Verbindungen aus anorganischem Material ist nur möglich durch die zielbewußte Arbeit des Menschen oder durch die Tätigkeit der lebendigen Zellen — dies ist ein sicheres Ergebnis der chemischen Forschung unseres Jahrhunderts.

Digitized by Google

Seit Ausführung der Synthesen ist der wesentliche Unterschied zwischen organischer und anorganischer Chemie gefallen, und man hält die Unterscheidung nur aufrecht, weil sie traditionell überkommen ist. In Wirklichkeit ist die organische Chemie nichts anderes als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Weitaus der größte Teil jener Verbindungen, mit denen sich die organische Chemie beschäftigt, ist niemals im Körper der Pflanzen und Tiere, sondern lediglich in den Laboratorien hergestellt worden.

Die ungeheure Zahl der in der organischen Chemie behandelten Kohlenstoffverbindungen besitzt aber ein wichtiges Merkmal: diese Verbindungen sind sämtlich verbrennlich. Dadurch treten sie in einen Gegensatz zu der einzigen nichtverbrennlichen Kohlenstoffverbindung, die es gibt, zur Kohlensäure. Die Kohlensäure pflegt daher auch immer noch in der anorganischen Chemie abgehandelt zu werden. Weil nun der Körper der Organismen vorwiegend aus organischen Verbindungen besteht, so ist er verbrennlich und hinterläßt nur ein wenig Asche. Bei der Verbrennung eines Tieres oder einer Pflanze werden die Elemente, welche die organischen Verbindungen zusammensetzten, wieder in anorganische Verbindungen zurückverwandelt. Der Staub wird zum Staube, dem er entnommen.

Ein verbrennlicher Körper befindet sich in einem labilen chemischen Gleichgewichte, während seine Verbrennungsprodukte einen stabilen Gleichgewichtszustand darstellen. Da somit jede verbrennliche Substanz eine Anhäufung von potentieller Energie darstellt, so repräsentieren die Verbindungen, welche die Tiere und Pflanzen aufbauen, einen Arbeitsvorrat, der in chemischer Energie besteht. Diese Tatsache ist von fundamentaler Bedeutung und wird später die Grundlage weit ausgreifender Betrachtungen bilden.

Als Träger des Lebens sind also gewisse Kohlenstoffverbindungen unumgänglich erforderlich. Allein durch ihr Dasein wird noch kein Leben hervorgebracht. Könnten wir

Digitized by Google

alle Proteinstoffe, Kohlenhydrate, Fette u. s. w., die wir in den Organismen finden, künstlich erzeugen, wir würden daraus doch kein Tier, keine Pflanze, keine Zelle zu bilden vermögen — so wenig, wie durch die bloße Erzeugung von Baumaterial ein Haus entsteht. Die Substanz allein macht noch nicht das Leben; es gehört dazu ein Gefüge dieser Substanz, das wir Organisation nennen, und das sich zum chemischen Material etwa verhält wie eine Elektrisiermaschine zum Glas und Messing, aus denen man sie aufbaute.

Dennoch hat ein schier unausrottbarer wissenschaftlicher Aberglaube behauptet, das zu den Proteinverbindungen gehörige Eiweiß sei das eigentliche und ausschließliche Substrat des Lebens; zwar gebe es ein lebendes und ein totes Eiweiß, allein der Unterschied zwischen beiden sei nur ein chemischer, d. h. er sei durch das molekulare Gefüge bedingt, im Prinzipe daher auch für den Chemiker nicht unüberwindlich. Diese irrige Ansicht stützt sich auf ungenaue Untersuchungen, die man über die chemische Beschaffenheit des Protoplasma angestellt hatte. Auf Grund dieser Untersuchungen wurde behauptet, das Protoplasma bestehe aus Eiweiß, es sei nichts als lebendes Eiweiß, und hautlose Zellen wurden geradezu als Eiweißklümpchen bezeichnet. Da dieser Irrtum zur Grundlage einer verbreiteten Naturauffassung geworden ist, so muß hier auf seine Entstehung eingegangen werden. Es wird sich daraus seine völlige Haltlosigkeit ergeben.

Aus Pflanzen- und Tierkörpern hatte man Eiweißstoffe abscheiden gelernt; es sind die Organismen bis auf den heutigen Tag sogar die einzige Stätte geblieben, an welcher diese Stoffe erzeugt werden. Das Eiweiß ist durch bestimmte chemische Eigenschaften ausgezeichnet. Die Elementaranalyse ergibt seine Zusammensetzung aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel. Es ist gewöhnlich amorph, kann aber auch kristallisieren. Jedenfalls gibt es zahlreiche verschiedene Eiweißstoffe, die sich durch ihre Löslichkeit und durch andere Merkmale unterscheiden, sich chemisch aber immer-

Digitized by Google

hin nahe stehen. Eine Reihe von Reaktionen ist den meisten Eiweißstoffen eigentümlich, z. B. gewisse Färbungen. Das Eiweiß färbt sich mit Salpetersäure gelb, mit Kupfervitriol und Kali violett, mit Zucker und Schwefelsäure rötlich.

Außerdem aber hat die Chemie in den Tieren und Pflanzen noch zahlreiche andere Stoffe nachgewiesen, von denen nur die allerwichtigsten hier Erwähnung finden sollen. Zunächst sind zu nennen die Fette und die Kohlenhydrate, zu welch letzteren die Zuckerarten, die Stärke, das Glykogen und die Cellulose gehören. Fette wie Kohlenhydrate bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und Vertreter derselben finden sich in allen Pflanzen- und Tierkörpern, wobei sich nicht selten eine Art von Stellvertretung zeigt. So ist die Stärke im Pflanzenreich verbreitet, fehlt aber den Tieren; das chemisch ähnliche Glykogen hingegen ist ein wichtiger Bestandteil tierischer Gewebe, findet sich im Pflanzenreiche aber auch bei den Pilzen, in denen wiederum keine Stärke vorkommt.

Neben diesen vorwiegenden Substanzen, den Eiweißstoffen, Kohlenhydraten und Fetten, finden sich noch andere Verbindungen sehr verbreitet, doch in geringerer Menge. So hat man in jedem Tier und in jeder Pflanze, in denen man danach suchte, Lecithin gefunden, das außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Stickstoff und Phosphor enthält und besonders in der grauen Substanz des Gehirns der Wirbeltiere angehäuft ist. Das Gleiche gilt von Cholesterin, das in allen möglichen Pflanzen und tierischen Geweben gefunden wurde, besonders viel in der weißen Substanz des Gehirns. Ferner ist Asparagin im Pflanzenreiche verbreitet, seine Stelle scheint im Tierreiche durch den Harnstoff vertreten zu werden. Ureide, zu denen Harnsäure, Allantoin und Xanthin gehören, kommen gleichfalls in beiden Reichen vor; in den Pflanzen noch besonders viele organische Säuren.

Endlich ist hervorzuheben, daß auch anorganische Verbindungen einen regelmäßigen Anteil am chemischen Aufbau

Digitized by Google

der Tiere und Pflanzen nehmen. Unter ihnen ist das Wasser die wichtigste; dann kommen aber auch Mineralsalze in Betracht, die beim Verbrennen als Asche zurückbleiben.

Im Gegensatz zu diesen längst feststehenden Ergebnissen der Analyse von Pflanzen und Tieren wurde nun behauptet, das Protoplasma der Zellen bestehe aus wasserdurchtränktem Eiweiß. Gerade die Pflanzenanalysen hätten Bedenken dagegen erregen sollen, weil der Pflanzenkörper aus nichts als aus Zellen besteht. Allein auf die mikroskopische Zelle lassen die bewährten Methoden der Analyse sich nicht anwenden, weil sie zu klein ist. Und anstatt diese Schwierigkeit dadurch zu umgehen, daß man Protoplasma untersuchte, welches eine zur chemischen Analyse genügende Masse darbot, wandte man die oben erwähnten Farbreaktionen der Eiweißstoffe unter dem Mikroskope an, um die chemische Beschaffenheit des Protoplasma festzustellen.

Man fand nämlich, daß das Protoplasma jene Farbreaktionen der Eiweißstoffe gibt mit Salpetersäure, mit Kupfervitriol und Kali, mit Zucker und Schwefelsäure, und nun war die Entdeckung fertig: das Protoplasma ist Eiweiß. Um auch den der Chemie nicht kundigen Lesern es anschaulich zu machen, welcher Trugschluß hier vorliegt, möchte ich mich eines mehr auf der Hand liegenden Beispiels aus der Chemie bedienen. Wenn man in einem Becherglase mit Wasser etwas Eisensalz löst und ein klein wenig Rhodankalium, das an sich farblos ist, hinzufügt, so färbt sich das Ganze wie Rotwein. Hatte man in dem Wasser aber neben dem Eisensalz noch zwanzig andere farblose Stoffe gelöst, wie Zucker, Kochsalz, Salpeter, Alkohol u. s. w., so wird der Inhalt auf Zusatz von Rhodankalium sich gleichfalls rot färben, und doch wird aus dieser letzten Prüfung kein Chemiker den Schluß ziehen, daß in der Lösung *nur* Eisen vorhanden sei. Die Eiweißreaktionen konnten daher wohl ein Anzeichen sein, daß im Protoplasma Eiweiß *enthalten* ist, niemals aber als ein Beweis dafür gelten, daß das Protoplasma aus Eiweiß

Digitized by Google

besteht. Trotzdem hat das Dogma, Protoplasma sei Eiweiß, jahrzehntelang die Wissenschaft beherrscht und Verwirrung gestiftet.

Wenn auch eine ruhig überlegende Kritik die Unsicherheit jener Farbenprüfung erkennen mußte, so hat man doch erst eine positive Vorstellung von der chemischen Beschaffenheit des Protoplasma gewonnen, nachdem dasselbe in solcher Menge, wie es für eine regelrechte chemische Analyse erforderlich ist, einer methodischen Untersuchung unterworfen wurde. Für diesen Zweck verfügt man über hinreichende Mengen von Protoplasma, das nicht in Zellwände eingekapselt ist, in den Plasmodien und jungen Fruchtkörpern der Schleimpilze.

Die Schleimpilze sind Organismen, die sich von verwesenden Pflanzenteilen, von alten Baumstümpfen, von abgefallenem Laube der Wälder ernähren. Eine Art, das Aethalium septicum, bewohnt mit Vorliebe die Haufen gebrauchter Eichenlohe, die in den Höfen der Gerbereien zu liegen pflegen, und wird von den Gerbern Lohblüte genannt. Diesen Pilz findet man auf den Lohehaufen in Gestalt trockner, flacher Kuchen von Handgröße und darüber, deren Inneres von dunklem Sporenpulver erfüllt ist. Die sehr kleinen Sporen keimen bei Regenwetter, und der Inhalt der einzelnen Spore schlüpft dabei aus der Zellwand hervor als kleine, kriechende Nacktzelle. Wo mehrere dieser Zellen einander begegnen, verschmelzen sie miteinander zu einem Gebilde, das man Plasmodium nennt. Die Plasmodien ernähren sich aus der Lohe und wachsen beträchtlich, wobei sie in die Zwischenräume der Lohestückchen hineinkriechen und zuletzt den ganzen Haufen als ein hellgelber, rahmartiger Schleim durchziehen können. Wenn man ein Stück feuchtes Löschpapier gegen den Lohehaufen hält, so kann man diese Plasmodien veranlassen, auf das Papier oder eine Glasplatte zu kriechen, wo sie ein Netzwerk feiner Protoplasmastränge mit dendritenartig verzweigtem Rande bilden.

Nach Ablauf der Entwicklung kriechen die Plasmodien von

Digitized by Google

selbst aus der Lohe hervor und vereinigen sich an der Oberfläche der Haufen zu großen, rahmartigen Klumpen, die nach einigen Stunden zu den anfangs erwähnten harten Fruchtkuchen erstarren, indem ihr Inneres sich in zahllose kleine Zellen, die Sporen, teilt, deren jede sich mit einer eigenen Zellwand umgibt.

Wenn man die jugendlichen Fruchtkörper, bevor die Sporenbildung in ihnen begonnen hat, sammelt, um sie teils frisch zu verarbeiten, teils in Alkohol zu konservieren, so hat man ein hinreichendes Quantum von Protoplasma zur Verfügung, um dasselbe nach allen Regeln der chemischen Analyse untersuchen zu können. Es hat gar keine Schwierigkeit, aus einer Anzahl von Gerbereien im Laufe kurzer Zeit einige Kilogramm Protoplasma zu gewinnen, das nicht in Zellhäute eingekapselt ist.

Dies Protoplasma der Plasmodien von Aethalium mußte dazu dienen, um eine klarere Vorstellung von der chemischen Beschaffenheit des Protoplasma im allgemeinen anzubahnen. Da dasselbe einem der einfachsten und niedrigsten Organismen angehört, der auf der Grenze zwischen Tierreich und Pflanzenreich steht, so durfte das Ergebnis der Analyse von um so größerer Tragweite sein und mußte die Botanik wie die Zoologie in gleicher Weise interessieren. Folgendes hat sich dabei herausgestellt.

Vom Gewicht des frischen Protoplasma sind rund dreiviertel Wasser, ein Viertel ist trockene Substanz. Von dieser letzteren ist wiederum ein sehr großer Teil, etwa 30 %, kohlensaurer Kalk. Dies ist aber nur eine Eigentümlichkeit von Aethalium septicum, die sich schon bei anderen Schleimpilzen nicht wiederholt, da viele derselben nur eine geringe Menge von Kalk enthalten. Es ist daher zweckmäßig, den kohlensauren Kalk mit dem Wasser von vornherein abzuziehen und die anderen durch die Analyse gefundenen Bestandteile auf die übrigbleibende Trockensubstanz zu verrechnen. Nachstehende Übersicht gibt ein Bild der Zusammensetzung dieser Trockensubstanz, die in 100 Teilen enthält:

Digitized by Google

A. Phosphorproteine (Plastin und Nuklein) . . .	40 %
B. Eiweiß und Pepsin	15 =
C. Ureide, Ammonkarbonat, Asparagin und Lecithin zusammen	2 =
D. Kohlenhydrate (Zucker und Glykogen zusammen) .	12 =
E. Fette	12 =
F. Cholesterin	2 =
G. Harz	1,5 =
H. Essigsaurer, ameisensaurer, oxalsaurer Kalk zusammen	0,5 =
I. Phosphorsaure und andere anorganische Salze . .	6,5 =
K. Unbestimmte Substanzen	6,5 =

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß das Protoplasma, eines der unvollkommensten Organismen, die es gibt, keineswegs aus Eiweiß besteht, oder auch nur aus Proteinstoffen im weitesten Sinne, sondern aus einem Gemenge sehr verschiedener Verbindungen, von denen die Proteinsubstanzen wenig mehr als die Hälfte, die eigentlichen Eiweißstoffe nur 15 Prozent ausmachen. Das Protoplasma ist also in chemischer Hinsicht ein kompliziertes Gemenge zahlreicher Verbindungen, von denen ein erheblicher Teil noch gar nicht unterschieden werden konnte.

Unter den das Protoplasma von Äthalium zusammensetzenden Verbindungen überwiegen der Quantität nach die Kohlenhydrate, Fette, Eiweißstoffe und Phosphorproteine. Diese werden aus zwei phosphorhaltigen Verbindungen gebildet, dem Plastin und dem Nuklein. Letzteres ist nur in geringer Menge vorhanden und findet sich in den zahlreichen kleinen, in den Plasmodien zerstreuten Zellkernen. Das Plastin dagegen macht die Hauptmasse der relativ festen Gerüstsubstanz des Protoplamas aus, es unterscheidet sich von den sonst nahe verwandten Eiweißstoffen außer durch seinen Gehalt an Phosphor auch dadurch, daß es von tierischem Magensaft nicht verflüssigt wird. Daß das Plastin auch die Gerüstsubstanz in den kleinen, behäuteten Zellen der höheren Pflanzen bildet,

Digitized by Google

wird dadurch bewiesen, daß auch in diesen das Plasmagerüst vom Magensaft nicht aufgelöst wird.

Wenn wir diese Substanzen und daneben die in geringerer Menge nachgewiesenen, wie das Lecithin, Cholesterin, Asparagin u. a., vergleichen mit dem, was oben über die Bestandteile des Körpers der höheren Tiere und Pflanzen gesagt wurde, so ergibt sich, daß das Protoplasma von Äthalium ein ganz ähnliches Stoffgemisch bildet, wie es dem chemischen Aufbau jener zu grunde liegt.

Darum darf fortan nicht mehr die Rede davon sein, daß das Protoplasma aus Eiweiß oder aus einem Gemenge von Eiweißstoffen bestehe. Es gibt keine lebensfähige Zelle, an deren chemischer Zusammensetzung nicht Proteinstoffe im weitesten Sinne, Kohlenhydrate, Fette, Lecithin, Cholesterin u. s. w., Anteil hätten. Die Zellwand der meisten Pflanzenzellen besteht aus dem Kohlenhydrat Cellulose, die Substanz der Kerne aus Nuklein, in den grünen Farbträgern der Pflanzenzellen spielt das Chlorophyll eine wichtige Rolle, und außerdem kommen in den verschiedenen Tieren und besonders den verschiedenen Pflanzen noch zahllose andere Verbindungen in beschränkterer Verbreitung vor. Viele dieser letzteren sind auf eine einzelne Art beschränkt, wie das Morphin auf den Mohn, das Nikotin auf den Tabak, und für die Zellenchemie ist das allgemeine Interesse an solchen seltenen Stoffen eben wegen ihrer Seltenheit ein geringes. Diejenigen Substanzen, die man niemals in einer Zelle vermißt und die genügend hervorgehoben wurden, kommen für uns hauptsächlich in Betracht. Ihre Zahl beweist, daß das Leben nicht von einem einheitlichen Stoffe getragen wird, folglich auch niemals als chemische Eigenschaft einer Verbindung gedeutet werden darf. Wesentlich ist gerade für den Chemismus der Zelle, daß sie aus einer Vielheit von Stoffen sich aufbaut, in der ununterbrochen Veränderungen vor sich gehen. Diese beruhen auf einem chemischen Energiewechsel, der sich an einer einfachen Verbindung gar nicht abspielen könnte.

Digitized by Google

So wenig es eine Lebenskraft gibt, als deren Äußerung das Leben anzusehen ist, so wenig gibt es einen Lebensstoff. Das Leben besteht nicht in chemischen Eigenschaften einer besonderen Verbindung oder einer Mehrzahl von Verbindungen. Wie aus den Eigenschaften von Messing und Glas sich noch nicht die Möglichkeit der Entstehung eines Mikroskopes ergibt, so wenig folgt aus den Eigenschaften der Eiweißstoffe, Kohlenhydrate, Fette, des Lecithins, Cholesterins u. s. w. die Möglichkeit der Entstehung einer Zelle.

Das chemische Material, aus dem die Pflanzen, die Tiere und die einfachen Zellen sich aufbauen, ist ein vielfältiges; erst durch seine einheitliche Zusammenfassung entsteht das Leben.

Digitized by Google

Kapitel 17.

Energiewechsel der Zelle.

So verwickelt die Vorgänge des Lebens auch sein mögen, so gewaltig der Abstand ist zwischen dem Vegetationsprozesse der Pflanzen und der Tätigkeit eines denkenden Menschen, — immerhin sind gewisse chemische Vorgänge allen lebendigen Wesen gemeinsam. Diesen Grunderscheinungen wollen wir unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Sie werden uns nicht nur bei den vollkommensten, sondern auch bei den unvollkommensten Lebewesen begegnen, und unsere Aufgabe vereinfacht sich, wenn wir sie in der Tätigkeit der Zellen aufsuchen.

Der Zellenleib zeigt uns unter dem Mikroskope nicht nur gesonderte Organe wie den Kern, das Protoplasma und die Farbträger; er ist nicht nur zusammengesetzt aus einer großen Zahl chemischer Verbindungen, sondern er ist auch ein chemisches Laboratorium, in welchem verschiedenartige chemische Prozesse unterhalten werden. Dies Laboratorium ist fast immer in Betrieb; indessen gelangt in den reifen Sporen der Kryptogamen, in den Zellen der trocknen Samenkörner der Blütenpflanzen die chemische Arbeit vorübergehend zum Stillstande. Das Mittel, um, wenn es sein muß, den Lebensprozeß stillstehen zu lassen, ohne den Lebensfaden zu zerreißen, besteht darin, daß das Wasser, von dem die lebendigen Zellen durchtränkt sind, verdampft, ohne ersetzt zu werden. Dies geschieht bei der Reifung der Samen. Führt man den reifen Samen

Digitized by Google

in geeigneter Weise wieder Feuchtigkeit zu, so durchtränken sich ihre Zellen mit Wasser, und die Lebensäußerungen beginnen von neuem. Auch die Blätter der Moose und der ganze Körper der Flechten können, ohne Schaden zu nehmen, periodisch austrocknen, während die höheren Gewächse dadurch zu grunde gerichtet werden würden.

In wassergesättigten Zellen der Pflanzen wie auch in den tierischen Zellen handelt es sich in erster Linie darum, die Betriebskraft zur Unterhaltung der Bewegungen zu gewinnen, die das Leben ausmachen. Denn wo immer in der Natur uns Bewegung entgegentritt, da ist sie der Ausdruck geleisteter Arbeit, wirkender Energie.

Die Betriebskraft zur Unterhaltung des Lebens kann der Organismus nur gewinnen durch Verausgabung von Energie, durch Umwandlung des in ihm enthaltenen Vorrats an potentieller Energie in kinetische Energie, d. h. in Bewegung und Arbeit. Und weil diese kinetische Energie den Körper des Organismus schließlich verläßt wie bei einer arbeitenden Dampfmaschine oder einem ablaufenden Uhrwerk, so ist das Leben mit einem Verbrauch, einem langsamen Verzehren von Energie verknüpft, die von außen her ersetzt werden muß, wenn das Leben Bestand haben soll.

Dies Aufzehren, diese Verausgabung von Energie geschieht auf Kosten der Substanz des Protoplasma. Dieselbe besteht, wie gezeigt wurde, vorwiegend aus organischen, d. h. verbrennlichen Kohlenstoffverbindungen. Ist aber eine Substanz verbrennlich, so repräsentiert sie einen Vorrat an potentieller Energie; und man wandelt diesen Arbeitsvorrat um in kinetische Energie, wenn man die Substanz verbrennt.

So geschieht es auch im Protoplasma, in dem ein beständiger Stoffwechsel vor sich geht, der zugleich Energiewechsel ist. Ein Teil seiner Bestandteile wird mit Hilfe des atmosphärischen Sauerstoffs zu Kohlensäure verbrannt und dadurch Betriebskraft zur Unterhaltung des Lebensprozesses gewonnen.

Digitized by Google

Diesen Verbrennungsprozeß, ohne den das Leben der meisten Organismen nicht bestehen kann, nennen wir Atmung. Und so notwendig die Atmung zur Unterhaltung unseres eigenen Lebens ist, so wichtig ist sie auch für das Leben der kleinsten, einfachsten Zelle. Nur bei den niedersten Organismen kann die Atmung durch andere Energie entwickelnde Prozesse vertreten werden.

Die Atmung ist bei Pflanzen und Tieren völlig die gleiche. Durch sie wird Wärme entwickelt, wobei zu beachten ist, daß die Pflanzen gewöhnlich den kaltblütigen Tieren entsprechen, deren Temperatur sich nicht über die Temperatur der Luft oder des Wassers erhebt, in welchem sie leben; nur ausnahmsweise zeigt ein Pflanzenteil infolge lebhafter Atmung eine Temperatur, welche derjenigen der Warmblüter gleichkommt; so in den Blüten mancher, namentlich tropischer Aroideen.

Wenn ein Tier, eine Pflanze atmen können, so vermögen sie auch zu leben, soweit der Vorrat an verbrennlichen Stoffen in den Zellen reicht. Ist dieser Vorrat erschöpft, so gelangt das Leben notwendig zum Stillstand, wofern nicht durch Zufuhr von Nahrung für Erneuerung des Brennmaterials gesorgt wird. Weil aber atmende Pflanzen und Tiere ziemlich lange leben können, ohne Nahrung zu sich zu nehmen, — wenn sie auch dabei hungern und abmagern — so folgt daraus, daß die Atmung der fundamentalste aller Lebensvorgänge ist, dem gegenüber die Aufnahme und Assimilation von Nahrung erst in zweiter Linie steht.

Natürlich verlieren die Zellen durch das Atmen an Substanz; ihr Gewicht nimmt ab. Und die Bedeutung der täglichen Ernährung besteht in erster Linie darin, jene verlorene Substanz zu ergänzen.

Nur die Einführung neuer verbrennlicher Stoffe gestattet einem durch Hungern erschöpften Tiere, weiter zu atmen und weiter zu leben. Zur Verlängerung, zur dauernden Unterhaltung des Lebens ist die Zufuhr von Nahrung unerläßlich;

Digitized by Google

ohne Atmung aber kann der Lebensprozeß überhaupt nicht gedacht werden.

Eine lediglich atmende Zelle gleicht einem Menschen, der nur ausgibt, ohne einzunehmen. Die Zelle muß daher von außen her Nahrung einnehmen, um dauernd bestehen zu können, und wir haben zu fragen, wie sie diese Nahrung bezieht.

Für das Tierreich ist die Antwort auf diese Frage einfach. Ein Tier ernährt sich dadurch, daß es andere Tiere oder Pflanzen verzehrt. In beiden Fällen weiß es sich chemische Energie in Gestalt von Eiweiß, Kohlenhydraten und Fetten einzuverleiben. Eine andere Art der Ernährung von Tieren kennen wir nicht. Weil nun weder Eiweiß noch Kohlenhydrat, noch Fett irgendwo in der leblosen Natur entstehen, sondern nur durch die chemische Tätigkeit der Pflanzen erzeugt werden, so ist klar, daß das Tier von den chemischen Verbindungen lebt, die das Pflanzenreich bereitet. Das Tierreich eignet sich die von den Pflanzen erworbene potentielle chemische Energie an, um sie als Wärme, beziehungsweise kinetische Energie durch den eigenen Lebensprozeß zu verausgaben, an die unbelebte Natur zurückzugeben. Die Tiere sind also nur Konsumenten, nicht aber Produzenten chemischer Spannkräfte.

Somit bleiben in der Natur die Pflanzen als die alleinigen Erzeuger verbrennlicher chemischer Werte übrig, und sie sind es, welche die zur Unterhaltung des Lebens erforderliche chemische Energie produzieren in den kleinen Laboratorien ihrer Zellen. Von diesen, uns als Eiweiß, Kohlenhydrat und Fett bekannten chemischen Werten bereiten die Pflanzen nicht nur soviel, als nötig ist, den eigenen Bedarf an Energieausgabe zu decken, sondern einen solchen Überschuß, daß auch das gesamte Tierreich davon zu leben vermag. Die Pflanzenwelt verhält sich ökonomisch zur Tierwelt, wie die Bevölkerung des platten Landes zu den Städten, welchen sie die Nahrungsmittel bereitet und zuträgt.

Jene chemische Tätigkeit der Pflanzen besteht darin, daß

Digitized by Google

sie aus den einfachen anorganischen Verbindungen der Erdrinde, der Kohlensäure, dem Wasser, der Salpetersäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure die Proteinstoffe, Kohlenhydrate und Fette durch Synthese aufbauen — eine Kunst, über welche die Tiere nicht verfügen.

Synthesen verbrennlicher Kohlenstoffverbindungen können, wie schon hervorgehoben wurde, außerhalb der Pflanzen nur durch die intelligente Tätigkeit des Chemikers auf umständliche und schwierige Weise ausgeführt werden. Darum gleicht die chemische Arbeit der Pflanzen derjenigen eines Laboratoriums, das von einem geschickten Chemiker geleitet wird. Die Pflanzenzelle ist also nicht nur der Schauplatz chemischer Umsetzungen, sondern auch der Sitz eines verborgenen Chemikers, der diese Umsetzungen leitet. Das letztere ist häufig genug übersehen worden.

Die anorganische Nahrung der Pflanzen befindet sich im stabilen, die durch Assimilation daraus erzeugte organische Substanz in einem labilen chemischen Gleichgewicht. Bei jeder Umwandlung stabiler in labile Gleichgewichtsform wird Energie verbraucht. Woher nimmt die Pflanze diese Energie? Etwa aus sich selbst? Das kann nicht sein, dann wäre die Pflanze ein Perpetuum mobile; die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile ergibt sich aber schon aus dem Erhaltungsgesetze. Die für die Assimilation der Nährstoffe erforderliche Energie muß daher von außen her der Pflanze zugeführt werden.

Wir wollen versuchen, das Problem der Assimilation der Nährstoffe, d. h. der Bildung von Eiweiß, Kohlenhydrat und Fett durch die Pflanze, möglichst zu vereinfachen. Sobald nur eine einzige verbrennliche Kohlenstoffverbindung in der Pflanzenzelle entsteht, würde aus deren Verbrennung die Energie zur Synthese der übrigen gewonnen werden können. Das dem so ist, beweisen die Schimmelpilze. Dieselben können ebenso wenig von anorganischem Material leben, wie die Tiere, weil sie der Farbträger und des Chlorophylls in ihren Zellen entbehren. Ihre Ernährung gelingt aber vollständig,

Digitized by Google

sobald ihnen neben salpetersauren, phosphorsauren und schwefelsauren Salzen nur Zucker als organischer Nährstoff dargereicht wird; dann sind sie imstande, auch Proteinstoffe und Fette zu bilden.

Wir haben Grund zu der Annahme, daß es mit den Synthesen in der grünen Pflanze nicht anders steht; daß, nachdem unter Mitwirkung des Chlorophylls in ihren Zellen Zucker entstand, aus diesem sämtliche übrige Verbindungen des Protoplasma bei Hinzutritt von anorganischem Materiale aufgebaut werden können. Darum brauchen wir nur die Bedingungen der Entstehung von Zucker, also eines Kohlenhydrats, aus Kohlensäure und Wasser zu erforschen, um die Energiequelle zu finden, welche die Pflanzenzelle zu allen ihren Synthesen befähigt. Es ist daher wichtig, den Prozeß der Kohlenstoffassimilation, d. h. der Bildung von Zucker aus Kohlensäure, in seinen Einzelheiten genauer kennen zu lernen.

Die Kohlensäure, die von den Blättern aus der Atmosphäre aufgenommen wird, besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff. Sie wird in den grünen Zellen zerlegt in ihre beiden Elemente, von denen der Sauerstoff wieder in die Luft entweicht, der Kohlenstoff aber mit dem in der Zelle reichlich vorhandenen Wasser sich zu Zucker verbindet. Weil diese Zersetzung der Kohlensäure in einer Abspaltung von Sauerstoff besteht, ist sie ein Reduktionsprozeß im Sinne der Chemie.

Eine Reduktion der Kohlensäure läßt sich auch außerhalb der Pflanze mit künstlichen Mitteln durchführen. Wenn man z. B. ein Glasröhrchen mit Kohlensäure anfüllt, ein kleines Stück Natriummetall hineintut und schwach erwärmt, so verbindet sich das Natrium mit dem Sauerstoff der Kohlensäure zu Natriumoxyd, und schwarze Kohle schlägt sich auf der Innenwand des Glasrohrs nieder. Dies ist nur möglich, weil das Natrium zum Sauerstoff eine größere Verwandtschaft besitzt als zur Kohle.

Ein Stoff, der wie das Natrium aus dem angegebenen Grund als Reduktor zu wirken vermochte, wird aber im

Digitized by Google

Protoplasma der Pflanzenzelle nicht gebildet. Denn beruhte die Zersetzung der Kohlensäure in der Pflanze auf einer durch chemische Affinität hervorgebrachten Reduktion, so müßte der abgespaltene Sauerstoff vom Reduktor noch fester gebunden werden als vorher vom Kohlenstoff; auch im Natriumoxyd ist seine Bindung eine festere als in der Kohlensäure, sonst würde das Natrium gar nicht als Reduktor gewirkt haben. Nun ist aber das Gegenteil der Fall: der in der Pflanzenzelle abgespaltene Sauerstoff wird überhaupt nicht gebunden, sondern entweicht gasförmig in die Luft. Für jeden Kubikzentimeter Kohlensäure, den sie zersetzt, scheidet die Pflanze einen Kubikzentimeter Sauerstoff wieder aus.

Die Zersetzung der Kohlensäure bei der Assimilation ist daher ein ganz eigentümlicher Reduktionsprozeß, den kein Chemiker der Pflanze nachzumachen versteht. Doch auch die Pflanze verfügt nicht über die Energie, welche nötig ist, um den Sauerstoff von der Kohle zu trennen, sondern sie arbeitet mit einer fremden Kraft, und diese Kraft ist das Sonnenlicht.

Unter Mitwirkung des in den Farbträgern grüner Zellen aufgespeicherten Chlorophylls kann die strahlende Energie der Sonne die Kohlensäure zersetzen; in farblosen Pflanzenteilen, in Wurzeln, Pilzen u. s. w. ist sie wirkungslos, wie in tierischen Zellen.

In unmittelbarem Zusammenhange mit dieser Reduktionsarbeit der Sonnenstrahlen steht die chemische Synthese, durch welche der aus der Kohlensäure abgespaltene Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers zu Zucker, also zu einem Kohlenhydrate, vereinigt wird. In dem Kohlenhydrate ist dann eine verbrennliche Kohlenstoffverbindung gegeben, durch deren langsame Oxydation im Atmungsprozesse Betriebskraft zur Unterhaltung der übrigen Lebensvorgänge frei gemacht werden kann. Die Arbeit, welche das Sonnenlicht bei der Erzeugung von einem Gramm Zucker verrichtet hat, ist gerade so groß, wie die Arbeit, welche durch die bei Verbrennung von einem Gramm Zucker frei werdende Energie erzielt werden kann.

Digitized by Google

Bei der Zuckerbildung wird eben so viel Licht konsumiert, als bei der Zuckerverbrennung Wärme produziert wird, wenn wir Strahlung und Wärme auf ein gemeinsames Maß zurückführen.

An der Reduktionsarbeit der Sonnenstrahlen in den Pflanzenzellen und speziell in den grünen Farbträgern derselben hängt das Leben auf der Erde. Denn diese Arbeit bildet den Ausgangspunkt zur Bildung alles organischen Materials, das den Leib der Tiere und Pflanzen zusammensetzt. Indem das Licht in den Pflanzenzellen Zucker erzeugt, häuft es damit in den Organismen einen Vorrat von potentieller Energie an, deren Größe in der Verbrennungswärme des Zuckers gemessen wird. Der Zucker repräsentiert einen Arbeitsvorrat, einen Vorrat von Spannung, von gehemmter Bewegung. Blitzschnell war diese Bewegung von der Sonne aus an den hinübergespannten Fäden der Strahlen entlang geglitten bis in die grünen Zellen der Pflanzen hinein. Hier ward sie angehalten, vereinnahmt, zu weiterem Gebrauche als potentielle Energie gespeichert. Darauf, daß sie langsam wieder verausgabt wird, beruht die Unterhaltung des Lebens in Tieren und Pflanzen. Tierreich und Pflanzenreich bilden dieser Arbeit der Sonne gegenüber insofern eine Einheit, als es ganz gleichgültig ist für die Gesamterscheinung, ob die aus der Sonne stammende Energie in einer Pflanzenzelle oder in einer Tierzelle wieder verausgabt wird.

Das Studium der Assimilation hat nicht nur gelehrt, daß in der Pflanze selbst kein Reduktor der Kohlensäure vorhanden ist, daß keine Verbindung durch den Stoffwechsel der Pflanze selbst erzeugt wird, welche geeignet wäre, die Kohlensäure zu zersetzen, sondern das Nachdenken über diesen Vorgang führt auch zu dem Ergebnisse, daß ein solcher, in der Pflanze selbst steckender Reduktor ein Ding der Unmöglichkeit wäre. Es wäre das ein Widerspruch gegen das Erhaltungsgesetz, denn es liefe auf eine Entstehung von Energie aus nichts hinaus. So wenig ein Stein von selbst den Berg

Digitized by Google

hinaufrollt, so wenig eine leer gebrannte Petroleumlampe aus sich selbst heraus wieder Brennkraft gewinnt, wenn wir nicht von außen Petroleum nachgießen, so wenig würde eine Pflanze aus Kohlensäure Zucker bilden, unverbrennliche in verbrennliche Substanz umwandeln können, wenn die dafür erforderliche Kraft nicht aus der Sonne in sie hineingestrahlt würde.

Wir können uns das gesamte Tier- und Pflanzenreich durch eine einzige Zelle repräsentiert denken. Um leben zu können, muß diese Zelle fortwährend Energie verausgaben, die in ihre leblose Umgebung übergeht. Dieser Energieverlust kann nur dadurch dauernd gedeckt werden, daß die ihr von der Sonne zustrahlende Energie fortwährend neue chemische Werte, neue verbrennliche Substanz in ihr schafft. Wollte man ihr die Hilfe der Sonne vorenthalten, so müßte sie den eigenen Energievorrat aufzehren, und ihr Leben würde dann erlöschen, wie eine ausgebrannte Petroleumlampe. Denn ein Perpetuum mobile gibt es nicht.

Die Zelle ist eine Kraftmaschine, die von der Sonne gespeist wird, wie eine Dampfmaschine durch Steinkohle, ein Gasmotor durch Gas, ein Elektromotor durch Elektrizität*).

*) In neuester Zeit wurde die merkwürdige Entdeckung gemacht, daß gewisse mikroskopische, auf niedrigster Stufe der Organisation stehende Spaltpilze einen völlig abweichenden Stoffwechsel besitzen. Es sind dies die sogenannten Nitrobakterien, deren Atmung darin besteht, daß sie Ammoniak zu salpetriger Säure und letztere zu Salpetersäure oxydieren, wobei sie, wie es scheint, chemische Energie in so großem Überschuß gewinnen, daß sie sogar zur Assimilation der Kohlensäure ohne Mitwirkung von Chlorophyll ausreicht. Abgesehen davon, daß letzteres noch des eingehenderen Studiums bedarf, wird dadurch an der allgemeinen Tatsache, daß die Sonnenenergie für die Bereitung der organischen Substanz des Tier- und Pflanzenreiches erforderlich ist, nichts geändert. Denn ohne Ammoniak vermögen diese Nitrobakterien nicht zu existieren, das Ammoniak in der Natur stammt aber aus verwesten Pflanzen und Tieren. Daß es sich hierbei um einen ursprünglichen Vorgang handelt, aus dem erst die Assimilation mit Hilfe des Chlorophylls hervorgegangen wäre, ist nicht anzunehmen. Wahrscheinlich liegt bei den Nitrobakterien eine vereinfachte, nachträglich erworbene Form des Stoffwechsels vor, ein Gegenstück zu dem Stoffwechsel der Parasiten.

Digitized by Google

Auch unser Sonnensystem ist kein Perpetuum mobile. Auch der ungeheure, in der Sonne gegebene Energievorrat vermindert sich durch die Ausstrahlung fort und fort; nur geht dieser Prozeß für unsere Wahrnehmung unmerkbar langsam von statten. Aber nichtsdestoweniger muß dereinst auch die Energiequelle der Sonne versiegen, wofern sie nicht von außen, vom Weltraume her, von neuem gespeist werden sollte; ein Vorgang, der nicht außer dem Bereiche der Möglichkeit liegt, für dessen einstige Verwirklichung aber uns jeder Anhaltspunkt fehlt.

Aber wie unser Wissen von diesen Pilzen, die im Ackerboden leben, sich in Zukunft auch gestalten möge, ihr Leben beruht so gut wie das der grünen Gewächse und der höheren Tiere auf einer Maschinentätigkeit und daher auch auf einer Maschinenstruktur der Zellen, durch welche fundamentalen Eigenschaften sie sich als abnorme Glieder in die Kette der übrigen Lebewesen einreihen.

Digitized by Google

Kapitel 18.

Wachstum und Entwicklung.

Wenn die Assimilation in den grünen Organismen zunächst chemische Werte schafft, durch welche die im Energiewechsel unvermeidlichen Verluste gedeckt werden, so führt sie dem Körper der Pflanzen und Tiere auch das erforderliche Baumaterial zu, um daraus neue Zellen, neue Gewebe und neue Organe zu bilden. Chemische Kräfte sind unausgesetzt tätig, um dies Baumaterial teils zu mehren, teils zu vermindern; bei normalem Verlaufe des Lebens ergibt sich indeß meistens ein Überschuß des Erwerbs über den Verbrauch. Das gilt für die Pflanzen wenigstens nahezu allgemein; während der ausgewachsene Körper eines Vogels, eines Pferdes oder eines Menschen am Ersatz der verbrauchten Substanz sich genügen läßt.

Der Aufbau des Körpers und der Ausbau seiner Organe vollziehen sich durch Wachstum. Zur Unterhaltung und Förderung desselben reichen die chemischen Zugkräfte nicht aus. Nur unter der Herrschaft besonderer Impulse fügen die Stoffe sich so aneinander, daß daraus Protoplasma, Zellkerne, innere und äußere Organe werden können. Diese Impulse bewirken die Bildung der Gestalt, für deren Erhaltung und Belebung der Energiewechsel sorgt.

Es ist die Regel, daß eine Pflanze oder ein Tier das Dasein als kleiner, meist nur mit dem Mikroskope erkenn-

Digitized by Google

barer Keim beginnt, um sich zu vergrößern, bis die durch den Typus der Art bestimmte Größe erreicht ist. Die überwiegende Mehrzahl der Organismen durchläuft diese Periode des Wachstums unter mehrfachem Wechsel der Gestalt; dies mit Gestaltänderung verknüpfte Wachstum nennen wir Entwicklung oder Ontogenie. Die Entwicklung beschränkt sich nicht auf die äußere Form, sondern beherrscht auch die innere Struktur.

Die chemischen Prozesse sehen wir innerhalb der Organismen in eigenartigen Bahnen verlaufen, und es wurde oben das Bild gebraucht, daß in jeder Zelle ein verborgener Chemiker sitzt, der jene Vorgänge lenkt. Mit dem gleichen Bilde könnte man sagen, daß der Keim der Tiere und Pflanzen durch einen unsichtbaren Bauführer der Größe und Gestalt des erwachsenen Typus entgegengeführt wird. Ein solcher Bauführer versteht sein Geschäft aus dem Grunde, denn aus dem Ei einer Schwalbe entwickelt sich mit unfehlbarer Sicherheit immer nur eine Schwalbe, aus dem Ei eines Sperlings ein Sperling, aus dem Ei einer Taube eine Taube.

Dies Bauen der Materie aus anscheinend gleichen Stoffen mit fest bestimmtem Endziel, das in der Gestalt der einzelnen Tier- und Pflanzenarten hervortritt, gehört zu den wunderbarsten Schauspielen, welche die Natur uns darbietet. Viele der in der Entwicklung auftretenden Veränderungen liegen klar am Tage oder sind doch anatomisch leicht nachweisbar. Manche wichtige Umbildung läßt sich aber nur aus ihren Verrichtungen erschließen, unmittelbar sichtbar wird sie nicht. Gibt es doch kaum einen größeren Unterschied in der Wirksamkeit, als zwischen dem Gehirn eines geisteskräftigen Mannes und dem eines sechsmonatlichen Säuglings; und anatomisch können wir denselben nicht begründen.

Die Vorgänge des Wachstums sind immer verknüpft mit chemischen Umlagerungen der Substanz; aber auch mechanische Einflüsse kombinieren sich in mannigfacher Weise mit den spezifischen Entwicklungsimpulsen. Diese mechanischen Ein-

Digitized by Google

flüsse können als äußere Wachstumsbedingungen auftreten. So wächst z. B. eine Pflanze langsamer bei niedriger, lebhafter bei höherer Temperatur. Zufuhr von Wärme bildet ein äußeres Mittel zur Förderung des Wachstums, Herabsetzung der Temperatur wirkt hemmend. Das Licht ist, ganz unabhängig von der Assimilation, für die Ausbildung mancher Pflanzenteile unerläßliche Bedingung; und mechanischer Druck kann zu Deformationen bei Pflanzen und Tieren den Anlaß geben. Aber auch innere mechanische Einflüsse auf wachsende Organe ergeben sich aus Druckwirkungen benachbarter Gewebe, und manche andere mechanische Wechselwirkungen können sich im Entwicklungsprozeß der Organe herausbilden, wodurch die wachsenden Gestalten beeinflußt werden. Die Entwicklungslehre hat neben den erblich überkommenen Impulsen die äußeren und inneren mechanischen Bedingungen der Gestaltung aufzudecken und zu beschreiben; und daß sich hier ein weites Feld der Beobachtung auftut, geht daraus hervor, daß man einen Teil der Entwicklungslehre geradezu Entwicklungsmechanik genannt hat. Diese mechanischen Bedingungen sind mit den spezifischen Entwicklungstrieben auf das Engste und Mannigfaltigste verflochten und können sich nicht selten in auffallender Weise Geltung verschaffen. Dennoch bleibt die Bedeutung solcher chemischen und mechanischen Wachstumsbedingungen eine sekundäre gegenüber den nicht in chemischer oder mechanischer Beschreibung definierbaren Impulsen, von denen sie zur Erreichung des vorgeschriebenen Ziels verwendet werden, um in regelmäßiger, unausweichlicher Folge zu wirken.

Aus der mikroskopischen Eizelle einer Erbsenblüte wächst unter dem steten Einflusse chemischer und mechanischer Energien, doch entscheidend bestimmt durch den im Artcharakter gegebenen spezifischen Impuls, das Samenkorn der Erbse heran. Bevor dasselbe von der Mutterpflanze sich löst, verliert es dadurch, daß die Zuleitung von Wasser aus dem Innern der Pflanze aufhört, und daß das die Zellen durchtränkende Wasser in die Luft verdunstet, seine Feuchtigkeit und trocknet zuletzt ein zu

Digitized by Google

einem harten, trocknen, brüchigen Körper, den wir zu Mehl zerreiben können. Es wirken also im Vorgange des Reifens, beziehungsweise der Austrocknung der Erbse ein inneres und ein äußeres mechanisches Mittel zusammen, ohne welche die Reifung gar nicht erfolgen könnte. Dennoch war für die Erzeugung der reifen Erbse der gestaltende Aufbau seiner Zellen die Hauptsache; der spezifische Impuls duldet niemals, daß aus der Eizelle der Erbse sich etwa eine Linse entwickele; und doch bildet sich die Linse aus ihrer Eizelle unter den gleichen mechanischen Bedingungen, wie die Erbse.

Bringt man im Frühling eine Erbse in feuchtes Erdreich, so saugt sie sich erst voll Wasser und beginnt dann zu wachsen. Ist der Boden zu trocken, so liegt sie solange unbeweglich, bis es regnet oder bis man das Beet begießt. Auch Kälte hindert das Wachstum. Stülpt man über das emporkeimende Pflänzchen eine Kiste, die es vom Lichte absperrt, so unterbleibt nicht nur die Ausbildung des Chlorophylls, sondern die Stengelglieder verlängern sich auch in abnormer, krankhafter Weise, so daß eine normale Entwicklung sich abhängig erweist von der Feuchtigkeit, der Wärme und dem Licht — eine ganze Reihe äußerer Umstände, wobei wir von allen chemischen Entwicklungsbedingungen noch absehen.

Im ganzen Verlaufe des Wachstums der Pflanze bis zur Hervorbringung von Blüten und Früchten folgt immer ein Zustand aus dem anderen, jede Entwicklungsphase wird durch die jüngst vorhergegangene bedingt. Die Eizelle bringt den Keim hervor, der Keim die junge Pflanze, diese die blühenden Sprosse, letztere Frucht und Samen. Kein Glied in der Kette kann ausfallen, kein für das Zustandekommen der Entwicklung nötiger mechanischer Vorgang darf unterbleiben. Aus einer inneren Ordnung des chemischen Baumaterials ergibt sich die äußere Gestalt, zu deren Vollendung der bereits im Ei enthaltene Wachstumsimpuls sich geltend macht. Ohne Mitwirkung der chemischen und mechanischen Agentien würde dieser Impuls so hilflos und ergebnislos bleiben, wie jene

Digitized by Google

Energien ohne die Direktive des Impulses niemals eine Keimzelle zu einer fertigen Pflanze würden ausgestalten können. Wie der Schreiber eines Buches mit vierundzwanzig Schriftzeichen auskommt, so operiert der Gestaltungstrieb bei Hervorbringung der Tausende und Abertausende von Arten der Tiere und Pflanzen mit einer beschränkten Zahl von Bausteinen, den chemischen Verbindungen, die den Körper der Organismen zusammensetzen.

Die Entwicklung der höheren Tiere vom Ei bis zur ausgewachsenen Gestalt vollzieht sich in einer verhältnismäßig einfachen Bahn. Anders bei den Pflanzen. Ihr Wachstum würde demjenigen der Tiere analog sein, wenn nicht der Stengel wie die Wurzel sich verzweigten, und wenn nicht das Wachstum beider in dem an der Spitze jedes Zweiges gelegenen Vegetationspunkte seinen eigentlichen Sitz hätte. Diese Vegetationspunkte bestehen aus einem in Teilung begriffenen Zellenkomplexe, welcher ganz dem embryonalen Gewebe entspricht. Schon der aus dem Ei hervorgehende Keim oder Embryo einer Pflanze sondert sich in einen Stengel-Vegetationspunkt und einen Wurzel-Vegetationspunkt, und das zwischen beiden gelegene Gewebe vollendet sein Wachstum zuerst. Jeder der beiden Vegetationspunkte gleicht fortan einem halbierten Embryo, in welchem neue Zellen entstehen, die nach rückwärts sich in fertige Gewebe umwandeln. Bei fortschreitender Verlängerung der Pflanze rücken somit die beiden Vegetationspunkte immer weiter auseinander, und jede Verzweigung des Stengels wie der Wurzel beginnt damit, daß neben dem ursprünglichen geradlinig fortwachsenden Vegetationspunkte sich seitlich ein neuer Vegetationspunkt bildet, der eine neue Wachstumsrichtung einschlägt. Somit stellt sich der Aufbau einer Pflanze unter einem verzweigten Liniensysteme dar. Jeder neu auftretende Vegetationspunkt steht so gut unter der Herrschaft des spezifischen Impulses, wie die Eizelle und der ursprüngliche Embryo. Dabei kann aber der eine zu einer Wurzel, der andere zu einem Stengelzweige, der dritte zu

Digitized by Google

einer Blüte werden, und für diese besondere Ausbildung können unter Umständen mechanische Bedingungen maßgebend sein.

Der spezifische Entwicklungstrieb hält aber alle im Laufe des Wachstums neu auftretenden Teile in einem durch den Artcharakter bestimmten Gleichgewichte, das man im Gegensatz zu den chemischen Gleichgewichtsverhältnissen der Stoffe als gestaltliches oder morphologisches Gleichgewicht bezeichnen kann. Im Rahmen eines solchen Gleichgewichts der Teile gestaltet ein Vegetationspunkt aus sich heraus die fertigen Gewebe, man könnte sagen instinktiv, wie die Schwalbe, die ihr Nest immer in gleicher Weise baut, nach einem erblich überkommenen Muster.

Das harmonische Zusammenwirken der bildenden Kräfte, worin jeder Entwicklungsschritt dem in der Gestalt des ganzen Organismus vorgezeichneten Ziele sich unterordnet, tritt in stufenweise sich vervollkommnenden Abmessungen zu Tage, die im einzelnen weniger den Entwicklungsstadien entsprechen, die ein einzelnes menschliches Bauwerk bis zu seiner Vollendung durchläuft, als vielmehr den Stufen, die der betreffende Bautypus historisch bis zu seiner größten Vollkommenheit durchgemacht hat. Ein einziger erster Impuls hat diese Entwicklungstätigkeit des Organismus ins Leben gerufen und Strukturen geschaffen, die eine aus der anderen hervorwachsen müssen wie nach einem im voraus festgesetzten Bauplane. Die Materie ist es, die wir hier am Werke sehen; und ihr Bauen ist für uns kaum unbegreiflicher, als ihr Denken im Gehirn.

In den Vegetationspunkten der Pflanzen bilden sich durch Teilung gleichartige Zellen, und diese Zellen entwickeln sich zu den verschiedensten Gebilden, die wir in den ausgewachsenen Blättern der Pflanzen finden, zu Oberhaut, zu Gefäßen, Siebröhren, Fasern u. s. w. Diese anatomischen Elemente setzen wieder die Blätter, die Stengelglieder, Blütenteile und Früchte unter der Einwirkung jener geheimnisvollen Triebfedern zusammen, welche die wachsende Pflanzensubstanz in bestimmte Formen hineinzwingen.

Digitized by Google

Wenn jene Formen auch durch den Artcharakter feststehen, wenn eine Esche, eine Roßkastanie, ein Apfelbaum immer nur Sprosse der gleichen Art treiben, so ist doch das morphologische Gleichgewicht der Gestalten nicht in dem Maße stabil, wie das Gepräge der Münzen eines Staates, sondern es finden sich immer kleine Abweichungen, ein geringfügiges Schwanken um einen mittleren Wert von Größe und Form, ein gewisser Grad von Freiheit in der Ausgestaltung unwesentlicher Merkmale. So ist kein Blatt eines Baumes einem andern vollkommen kongruent, keine Blume, kein Apfel gleicht völlig dem andern. Dies Hinundherschwingen der Gestalt bei den Organismen nennen wir ihre Variation.

Die Variation kann zwischen den gleichwertigen Gliedern eines und desselben Individuums sich zeigen, wie an den Blättern eines Baumes, sie kann auch zwischen verschiedenen Individuen einer Art auftreten. Auf einem Raps- oder Weizenfelde wird man zwei kongruente Pflanzen vergeblich suchen, wie uns in einer großen Stadt oder bei der Parade eines Armeekorps niemals zwei gleiche Gesichter begegnen. Die Größe dieser individuellen Variation kann mehr oder weniger beträchtlich sein; das nächstliegende Beispiel liefert die menschliche Gestalt. Immer zeigt sie ein leichtes Schwanken des morphologischen Gleichgewichts; in einzelnen Fällen können wir von einer Störung desselben sprechen. Die Aufrechterhaltung dieses Gleichgewichts besteht darin, daß den im Wachstumsprozesse tätigen Energien durch den spezifischen Impuls die Richtung des Wirkens angewiesen wird; die Variation beruht auf geringfügiger Abweichung von der strengen Innehaltung dieser Richtung.

Wenn die Variation als Folge gestörten morphologischen Gleichgewichts erscheint, so kann diese Störung in unkontrollierbaren inneren, sie kann aber auch in nachweislich äußeren Einflüssen ihren Grund haben. Wenn man gewisse Pflanzen auf magerem Boden erzieht, können sie derart verkümmern, daß sie kaum kenntlich sind, und umgekehrt können Pflanzen

Digitized by Google

und Tiere durch Mästung nicht selten Formen annehmen, die von den normalen sich beträchtlich entfernen. Mitunter werden erhebliche Schwankungen der Gestalt durch ganz unscheinbare Anlässe hervorgebracht.

Wenn wir die normale Form einer Pflanze oder eines Tieres uns unter dem Bilde eines Zieles vorstellen, dem die Entwicklung zusteuert, so können wir die Variation auch als ein Schwanken in der gesteuerten Richtung bezeichnen.

Das morphologische Gleichgewicht einer Art ist unter konstanten Wachstumsbedingungen als ein stabiles anzusehen. Es kann aber bis zu einem gewissen Grade labil werden, sobald die Konstanz der Wachstumsbedingungen aufhört; damit ist das Eintreten einer bedeutenderen Abänderung ermöglicht, und zwar durch Umstände, die von außen kommen.

Die Schwankungen in der Gestalt gleicher Organe einer Pflanze, wie z. B. der Blätter, führen eine gewisse Mannigfaltigkeit der Formen herbei. Eine ähnliche Mannigfaltigkeit ergibt der Vergleich der Bäume eines Buchen- oder Tannenwaldes, der Halme eines Kornfeldes. Die großartigste Mannigfaltigkeit wird aber dargestellt durch die verschiedenen Arten des Tier- und Pflanzenreiches, und auch sie ist das Ergebnis von Abweichungen im Wachstum, welche denen der Organvariation und der individuellen Variation analog sind. Diese nicht zu bestreitende Analogie hat zu Folgerungen von ungeheurer Tragweite geführt, die uns in späteren Kapiteln des Buches beschäftigen werden.

Hier ist noch eine Frage von grundlegender Bedeutung zu erörtern. Es ist die Frage, ob die aufbauenden Vorgänge der Entwicklung bei Tieren und Pflanzen in ihrer Gesamtheit als mechanische Prozesse angesehen werden können.

Es gibt eine wissenschaftliche Richtung, welche diese Frage ohne Bedenken kurzweg bejaht. Ihr Urteil gründet sich darauf, daß sie alle bewegenden Kräfte in der Natur, soweit sie ohne Zutun des Menschen tätig sind, a priori für mechanisch erklärt. Ich bin im Gegensatz dazu der Meinung, daß die

Digitized by Google

inneren Gestaltungstriebe und Entwicklungsimpulse, von denen der Aufbau des Tier- und Pflanzenleibes abhängt, auf keinen Fall als mechanische Kräfte gedeutet werden dürfen, und stütze mich auf folgende Erwägung.

Der Gestaltungstrieb bedient sich zur Verwirklichung seiner Aufgaben, um bildlich zu sprechen, der in den Keimzellen der Pflanzen und Tiere disponiblen Energien, die in erster Reihe chemischer Art sind. Der Tätigkeit dieser Energien werden in der Entwicklung bestimmte Richtungen angewiesen; aus der Größe, Beschaffenheit und Richtung der Energien setzt sich der Gang der Entwicklung zusammen. Es fragt sich also, ob dieser Vorgang ein rein energetischer sein kann oder nicht.

Ich glaube, daß die Antwort auf diese Frage bestimmt und unzweideutig im oben ausgesprochenen Sinne zu geben ist. Bei jedem verwickelten Vorgange, in welchem verschiedene Energien zusammenwirken, kommt es auf die Richtung der Energien an. Nun gibt es aber ein ganz bestimmtes Merkmal für alle mechanischen und chemischen Vorgänge: sie sind umkehrbar; sind sie in einer Richtung abgelaufen, so kann man sie in der umgekehrten Richtung zurücklaufen lassen. Dies ist unmöglich für die Entwicklung der Tiere und Pflanzen. Sie ist so wenig umkehrbar, wie die Geschichte des neunzehnten Jahrhunderts, wie ein Gedicht, eine Rede, ein Tonstück. Damit fehlt der Entwicklung der Tiere und Pflanzen ein wesentliches Merkmal der mechanischen Prozesse. Man kann auch sagen: sie muß notwendig einen nichtmechanischen Faktor enthalten. Ich werde im letzten Abschnitte des Buches auf diesen Gedanken zurückkommen und bemerke hier nur noch, daß auch Ostwald*) sich in gleichem Sinne ausgesprochen hat.

*) Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus S. 21.

Digitized by Google

Kapitel 19.

Die Reizbarkeit.

Die Reizbarkeit ist eine allen Pflanzen und Tieren zukommende Eigenschaft. Sie ist darum von hervorragender Wichtigkeit, weil jede äußere Einwirkung auf den Organismus zum Reiz werden kann, der die verschiedensten Lebensvorgänge in maßgebender Weise beeinflußt. Es braucht sogar ein Reiz keineswegs immer von außen zu kommen, es gibt auch innere Reize. Es braucht nur ein Teil des Tierkörpers auf einen anderen zu drücken, um ihn zu reizen; es braucht in einer Pflanzenzelle nur ein Stoff zu entstehen, der die Vorgänge in der Nachbarzelle beeinflußt, so ist der innere Reiz fertig, und es ist nicht zu bezweifeln, daß selbst innerhalb einer Zelle es zu Reizungen eines Teils durch den andern kommen kann. Somit können alle Lebenserscheinungen durch Reizvorgänge gefördert oder gehemmt werden; die Reizbarkeit spielt in alle diese Vorgänge hinein. Vielfach sind Reize zur Regulierung der Lebensverrichtungen notwendig. Ein Reiz kann aber auch als Störenfried auftreten; es sei nur an die Verderben bringende Wirkung der Gifte erinnert.

Die Frage, welche ich hier untersuchen möchte, ist diese: Sind nur Tiere und Pflanzen reizbar, gehört die Reizbarkeit zu den fundamentalen Eigenschaften der Organismen, durch welche diese sich von allem Leblosen unterscheiden — oder ist Reizbarkeit auch im Bereiche des unbelebten Stoffes zu finden?

Digitized by Google

Was man in der Tierphysiologie unter Reizbarkeit versteht, dürfte in den allgemeinen Umrissen bekannt sein, da uns so zahlreiche Reizvorgänge des eigenen Körpers geläufig sind. Ursprünglich gehören die Worte Reiz und reizen dem psychischen Gebiete an; allein ihre Übertragung auf die Sinnesphysiologie ist längst eine allgemeine geworden. Was einen unserer fünf Sinne erregt, ist ein Reiz. Wenn unsere Haut in schmerzhafter Weise berührt wird, so sind Muskelzuckungen die gewöhnliche Wirkung der Reizung. Berührt man das ausgestreckte Fühlhorn einer Schnecke, so wird es gereizt und zieht sich zurück. Fällt ein Lichtstrahl in unser Auge, so empfinden wir einen Lichtreiz, der abhängig ist von der Struktur des mit dem Auge verknüpften Nervenapparates. Das Ohr empfindet Luftwellen als Schall oder Geräusch. Flüchtige, in der Luft verteilte Substanzen erregen in der Nase die Reizwirkung der Gerüche, sie wirken als chemische Reize. Desgleichen sind chemische Reizmittel alle mit Wasser mischbaren Substanzen, welche auf unserer Zunge Geschmacksempfindungen hervorrufen. Mit jedem Körperteile unterscheiden wir, ob ein berührter Gegenstand wärmer oder kälter ist als jener Teil, wir sprechen dann von Wärmereiz. Wenn ein gesunder Mensch in aufrechter Stellung sich zu weit nach einer Seite neigt, so empfindet er einen Reiz der Schwerkraft, der ihn veranlaßt, durch eine Gegenbewegung sich im Gleichgewicht zu halten. Kurz, es besteht eine große Zahl verschiedener Reize und Reizwirkungen, die mehr oder weniger im Dienste der Lebensverrichtungen des Tierkörpers stehen.

Im Pflanzenreiche ist die Reizbarkeit nicht minder verbreitet, sie ist aber meistens weniger augenfällig. Die Reizvorgänge in den Pflanzen spielen sich gewöhnlich langsamer ab als bei den Tieren. Indessen fehlt es auch nicht an Beispielen, daß durch den Reiz ein rascher, ohne weiteres sichtbarer Bewegungsvorgang ausgelöst wird.

Bekannt sind die Reizerscheinungen der Sinnpflanze (Mimosa pudica). Die Pflanze wächst in den Tropen, wird

Digitized by Google

aber häufig bei uns in Warmhäusern und selbst in Zimmern kultiviert. Die Stiele der doppelt gefiederten Blätter des kleinen Halbstrauches sind an den Zweigen mit einer Anschwellung eingefügt, die man Gelenkpolster nennt. Wenn man ein solches Blatt berührt, so krümmt es sich im Gelenkpolster abwärts, während die Blättchen, die auch wieder kleine Gelenkpolster besitzen, sich zusammenlegen. Nach einiger Zeit richten die Blattstiele sich wieder in die Höhe, und die Blättchen breiten sich wieder aus, um bei neuer Reizung die Bewegung zu wiederholen. Dabei ist gleichgültig, ob man das Krümmungsorgan, das Gelenkpolster, unmittelbar berührt, oder ob man die Fläche eines Blättchens reizt: der Reiz pflanzt sich sogleich von der Blattfläche zu den Gelenkpolstern fort, wo er den Bewegungsvorgang auslöst. Die Fortleitung des Reizes geht sogar noch weiter. Hat man ein Blatt gereizt, so teilt die Wirkung sich durch den Stengel hindurch den übrigen Blättern mit; eins nach dem anderen klappt zusammen, bis alle Blätter die Reizstellung angenommen haben, aus der sie nach und nach wieder in die Normalstellung zurückkehren. Aber nicht bloß Berührung und Erschütterung vermögen als Reiz zu wirken, sondern auch Wechsel von Licht und Dunkelheit. Bringt man eine Mimose ins Dunkle, so nehmen die Blätter Reizstellung an, um im Lichte wieder zur Normalstellung zurückzukehren.

Als zweites Beispiel nenne ich die Blätter der Fliegenfalle (Dionaea muscipula), einer in den Sümpfen Karolinas wachsenden insektenfangenden Pflanze. Die beiden um ihre Mittelrippe wie um ein Scharnier beweglichen Hälften der Blattspreite sind im ungereizten Zustande ausgebreitet. Auf der Mitte jeder Blatthälfte befindet sich nur eine ganz kleine, durch drei kaum sichtbare Härchen markierte Stelle, die für Reizung empfänglich ist. Berührt man jene Härchen, so klappen beide Blatthälften wie ein Fuchseisen zusammen. Berührt man das Blatt an irgend einer anderen Stelle, so erfolgt keine Reizwirkung, auch nicht, wenn man die Mittel-

Digitized by Google

rippe, in welcher beim Zusammenklappen der Blatthälften allein die Bewegung erfolgt, zu kitzeln sucht. Bei dieser Pflanze sind also die Stellen, wo eine Berührung als Reiz empfunden wird, örtlich getrennt von der Region, in der die Reizwirkung ausgelöst wird. Der Reiz wird immer erst durch einen Teil des Blattes hindurchgeleitet, bevor er eine sichtbare Wirkung veranlaßt.

Eine ähnliche Trennung des reizempfindlichen Ortes vom Orte der Reizwirkung zeigen die Blätter des Sonnentaus (Drosera rotundifolia), einer gleichfalls insektenverzehrenden, aber in unsern einheimischen Mooren verbreiteten Pflanze. Im ungereizten Zustande sind die Blätter flach ausgebreitet, und ihre als Tentakeln bezeichneten Köpfchenhaare stehen gerade; jedes Tentakelköpfchen ist von glashellem, klebrigem Schleim wie von einem Tautropfen umhüllt. Nicht nur wenn ein Insekt im Schleim eines solchen Köpfchens festklebt, sondern auch wenn man einen kleinen, noch so leichten festen Körper auf dasselbe bringt, z. B. ein winziges Glimmerplättchen oder ein Stück Baumwollenfaser von geringstem Gewicht, so wird dieser unbedeutende Druck, der weniger als ein Milligramm zu betragen braucht, vom Tentakelköpfchen als Bewegungsreiz empfunden; die Bewegung gelangt aber erst in der Basis des Tentakelstiels zur Auslösung, indem dieser hier sich gegen die Mitte der Blattfläche hin krümmt. Zugleich wird der Reiz fortgeleitet zu den Basaltstücken aller übrigen Tentakelstiele des Blattes; sie alle führen die gleiche Krümmung aus, ja, die Blattspreite selbst schließt der Krümmung sich an. Der Nutzen dieser Reizbewegung für die Pflanze besteht darin, daß, wenn ein an einem Tentakelköpfchen klebendes Insekt die Reizursache gewesen war, dasselbe durch die ausgelösten Bewegungen mit allen Tentakelköpfchen des Blattes in Berührung gebracht wird, was darum wichtig ist, weil die Tentakelköpfchen die Verdauungsdrüsen des Blattes sind. Übrigens vollziehen sich die Krümmungen der Tentakelstiele im Vergleich zur Reizbewegung des Blattes

Digitized by Google

von Dionaea nur ganz langsam, was darin seinen Grund hat, daß hier die Bewegung zum Fangen des Insekts dient, während beim Sonnentau das Tierchen schon durch das Kleben am Flüssigkeitstropfen festgehalten wird.

Der Sonnentau zeigt aber noch in anderer Hinsicht bemerkenswerte Erscheinungen. Durch Regen sind seine Blätter nicht reizbar; mag der von den fallenden Wassertropfen ausgeübte Druck auch viel bedeutender sein, als der in den obigen Versuchen geschilderte, die Pflanze regt sich nicht. Darin zeigt sich eine nützliche Anpassung an die äußeren Lebensbedingungen. Ferner muß der Schleim der Tentakeln sauer reagieren, um Muskelfleisch verdauen zu können. Ursprünglich reagiert er jedoch neutral, und diese neutrale Reaktion ändert sich nicht, wenn der Bewegungsreiz durch ein Glimmerstück, einen Baumwollfaden, kurz durch eine Substanz hervorgerufen wird, die keinen Stickstoff enthält. Ist der reizverursachende Körper aber stickstoffhaltig, wie z. B. ein Insektenleib, so beginnt der Schleim alsbald sauer zu reagieren, die Tentakelköpfchen scheiden infolge der Reizung eine Säure aus, und hierdurch wird jener Schleim in eine dem tierischen Magensaft ähnliche Verdauungsflüssigkeit umgewandelt.

Hierin lernen wir neben dem Reize, der eine mechanische, sichtbare Bewegung auslöst, eine zweite Art der Reizwirkung, nämlich eine chemische, kennen. Die Einwirkung der geringsten Menge einer löslichen Stickstoffverbindung veranlaßt die Tentakelköpfchen des Sonnentaus, eine Säure auszuscheiden.

Wenn wir übrigens bei der Fliegenfalle und beim Sonnentau beobachten, daß die Stellen der Reizempfindung und der Reizwirkung voneinander getrennt sind, daß der Reiz erst durch ein ganzes Stück Zellgewebe fortgeleitet werden muß, bevor er sich geltend macht, so ist darum nicht gesagt, daß in der reizempfindlichen Stelle nicht doch schon eine Reizwirkung zustande kommt. Daß letzteres geschieht, ist sogar äußerst wahrscheinlich, nur bemerken wir es nicht. Dieser erste, unsichtbare Reizerfolg wirkt dann wieder auf die nächsten Zellen und so

Digitized by Google

fort, bis er an jenen Zellen anlangt, die durch ihn zu einer Krümmung veranlaßt werden. Darum spricht man von einer Reizkette, die von der empfindlichen Stelle zum Orte der Bewegung in der Pflanze hinläuft.

Die Fortleitung von Reizen im Tierkörper ist eine allgemeine Erscheinung; als Leitungsbahnen dienen die Nerven. Nerven im eigentlichen Sinne des Wortes besitzen die Pflanzen nicht; indessen hängen die Zellenleiber vielfach durch feine Protoplasmafäden zusammen, und auch die im Adernetz der Blätter wie im Stengel verlaufenden Siebröhren bilden Plasmaverbindungen durch das Zellengewebe hindurch. Diese Plasmafäden sind mutmaßlich als unvollkommene Nervenfasern anzusehen; denn dem Protoplasma der Zellen müssen wir als Grundeigenschaft die Reizbarkeit beilegen, da wir in den niedrigsten Typen des Tier- und Pflanzenreiches, die nur aus anscheinend gleichförmigem Protoplasma bestehen und noch keine anatomische Differenzierung zeigen, schon die Reizbarkeit hervortreten sehen.

Dem Sonnentau in mancher Hinsicht ähnlich verhalten sich die Ranken, wie wir sie z. B. an den Blättern der Erbse und Wicke ausgebildet finden.

Diese Ranken sind fadenförmige, nicht selten verzweigte Blattzipfel, die, wenn sie seitlich von einem dünnen Stabe berührt werden, sich gegen diesen Stab krümmen und denselben in Wiederholung der Krümmung umwinden. Solche Ranken besitzen nur Pflanzen, deren Stengel zu schwach ist, um sich ohne Stütze aufrecht zu halten, es sind Organe, mittels deren sie an anderen Pflanzen emporklettern. In ihrer Reizbarkeit unterscheiden sie sich von den Tentakeln des Sonnentaues dadurch, daß die Krümmung an der Berührungsstelle erfolgt; sie stimmen mit diesen jedoch darin überein, daß sie äußerst empfindlich gegen den leisesten, aber anhaltenden Druck eines festen Körpers sind, während fallende Regentropfen keine Wirkung auf sie ausüben. Geht man nach einem Platzregen in den Garten, so findet man die Ranken, welche der

Digitized by Google

Regen getroffen hatte, unverändert. Damit nicht zu verwechseln ist die Tatsache, daß ältere Ranken, die keine Stütze gefunden haben, sich spiralig einrollen. Ursprünglich, so lange die Ranke für Berührung, d. h. seitlichen Druck, empfindlich ist, ist sie gerade gestreckt, und durch Regen wird sie zu keiner Krümmung veranlaßt. Befindet sich dann in ihrer Nähe keine Stütze, die sie ergreifen und umklammern kann, so verliert sie zuletzt ihre Reizbarkeit; vorher aber pflegt sie sich schraubenförmig zusammenzuziehen.

Eins der wichtigsten Reizmittel für die Pflanze ist das Licht. Zwar dürfen wir die bedeutsamste Wechselbeziehung zwischen dem Pflanzenleben und dem Lichte den Reizvorgängen nicht zurechnen, es ist das die Bereitung von Zucker aus Kohlensäure in den grünen Blättern. Denn im Prozesse der Kohlenstoffassimilation wirkt das Licht als Arbeitsmittel, wie das Aufziehen einer Uhr; wie die Axt, die einen Block spaltet, oder das Pferd, das einen Wagen zieht. Allein zur Begünstigung der Assimilation suchen die Pflanzen ihre Blattflächen möglichst senkrecht zum einfallenden Lichte zu stellen, und zur Regulierung dieser Stellung dient wiederum die Lichtempfindlichkeit einer wachsenden Pflanze, die man Heliotropismus genannt hat. Daß die Lichtwirkung im Heliotropismus, die zu den Reizerscheinungen gehört, ein von der Assimilation an sich ganz unabhängiger Vorgang ist, geht auch schon daraus hervor, daß bei jenem vorwiegend die blauen und violetten, bei dieser die roten und gelben Strahlen des Sonnenlichtes wirksam sind.

Die heliotropischen Reizvorgänge sind ziemlich verwickelt. Steht eine Pflanze auf freiem Felde, wo sie von allen Seiten ziemlich gleich beleuchtet wird, so wächst der Stengel gerade empor, und die Blattflächen stellen sich annähernd horizontal. Lasse ich aber eine solche Pflanze sich am Fenster eines Zimmers entwickeln, so würden die von der Seite einfallenden Lichtstrahlen den horizontalen Blattflächen parallel streichen, was unzweckmäßig wäre, weil das Licht dann von der Assi-

Digitized by Google

milation zu wenig ausgenützt würde. Da aber der Stengel vom Fenster mehr Licht bekommt, als von der Zimmerseite, so empfindet er diesen Unterschied als Reiz und krümmt sich so lange bogenförmig gegen das Fenster, bis die Blattflächen nahezu vertikal stehen; dann hört die heliotropische Krümmung auf. Bei Pflanzen, deren Stengel an einem Stabe festgebunden ist, beobachtet man häufig, daß die Blattflächen sich dennoch senkrecht zum einfallenden Lichte stellen. In diesem Falle vollzieht sich die erforderliche heliotropische Krümmung im Blattstiel, und genauere Untersuchungen haben ergeben, daß dabei die Blattfläche selbst als lichtempfindliches Organ wirkt, daß von ihr aus der Reiz sich bis in den Blattstiel fortpflanzt und hier die Krümmungsbewegung auslöst. Sobald die Blattfläche in eine zum Lichteinfall senkrechte Ebene gelangt ist, erlischt ihre Reizempfindung, und die Krümmung des Blattstiels hört auf. Die Blätter sind dann durch die Wirkung der blauen Strahlen des Tageslichtes in die für Ausnutzung der roten Strahlen durch Assimilation günstigste Lage versetzt worden.

Auch die Schwärmsporen der Algen, jene kleinen, nackten Keimzellen, die mittelst flossenartig wirkender Fäden sich so lebhaft im Wasser umhertummeln können, sind in hohem Grade lichtempfindlich. Während sie in einem mit Wasser gefüllten Glase bei allseitig gleicher Beleuchtung nach allen Richtungen durcheinanderschwimmen, hört diese Ordnungslosigkeit der Bewegungen auf, sobald man das Licht nur von einer Seite einfallen läßt. Dann bewegen sich die Schwärmsporen alle nur in der Richtung der einfallenden Strahlen. Ist das Licht von mittlerer Helligkeit, so schwimmen sie geradlinig der Lichtquelle entgegen, bis sie alle an der stärker beleuchteten Glaswand angekommen sind. War das Licht sehr grell, z. B. durch eine Sammellinse konzentriertes Sonnenlicht, so fliehen sie die Lichtquelle so weit als möglich und sammeln sich an der abgekehrten Glaswand. Die Schwärmsporen sind also imstande, sowohl die Richtung von Licht-

Digitized by Google

strahlen, als auch Helligkeitsunterschiede zu empfinden; Licht mittlerer Intensität ist ihnen am liebsten, ihm steuern sie zu. Aber auch Farbensinn besitzen diese Schwärmsporen, da blaue Strahlen ihnen gegenüber viel wirksamer sind als rote. Hierdurch reiht sich ihr Verhalten der heliotropischen Reizbarkeit der Stengel und Blattstiele an. Auch ist diese Reizbarkeit nützlich für die Alge, die sich später aus einer solchen Schwärmspore entwickelt. Denn letztere setzt sich fest und keimt an einem Orte, dessen Helligkeit für die Assimilationstätigkeit der Pflanze ausreicht, während ein noch stärkeres Licht wieder Nachteile für ihre Entwicklung mit sich bringen würde.

Auch die sogenannte geotropische Krümmung der Wurzelspitze ist eine Reizerscheinung. Die Keimwurzel eines Samenkorns empfindet die Schwerkraft solange als Reiz, als ihre Achse nicht genau in der Richtung des Erdradius steht, und krümmt sich, bis sie ihre Gleichgewichtslage, die Lotlinie, erreicht hat. Dabei verhält sich nur die äußerste Spitze der Wurzel gegenüber der Schwerkraft gleichsam als Sinnesorgan, indem nur sie den Reiz empfindet, denselben aber dann fortleitet nach einer mehr rückwärts gelegenen Stelle, wo die Krümmung sich vollzieht. Nach genaueren Messungen ist die Wurzelspitze nur in einer Länge von zwei Millimetern reizbar; die dahinterliegende, krümmungsfähige Region ist nicht mehr sensibel. Da aber die Wurzel lediglich an der Spitze fortwächst, so ist das neugebildete Zellengewebe erst reizbar, doch zur Ausführung einer Krümmung ungeeignet, dann verliert es die Reizbarkeit und wird zum Bewegungsorgan; erst ist es Nerv oder Tastkörperchen, dann wird es Muskel.

Aber nicht nur die Schwerkraft, sondern auch Temperaturdifferenzen, die Nähe elektrischer Ströme und Feuchtigkeitsunterschiede vermag die Wurzelspitze wahrzunehmen. Gegen letztere ist sie sogar noch empfindlicher als gegen die Schwerkraft. Wird der Wurzel ein trockner Boden mit feuchten Stellen dargeboten, so tastet sie förmlich umher, bis sie einen Ort größerer Feuchtigkeit herausgefunden hat, in welchen sie

Digitized by Google

sich durch eine Krümmung hineinbohrt, selbst wenn sie sich hierbei aus der Lotlinie entfernen muß. Geht aber einer solchen Wurzel die sensible Spitze verloren, so ist sie ratlos und weiß nicht, wohin sie sich wenden soll. Blattflächen und Wurzelspitzen können daher in gewisser Beziehung als Sinnesorgane der Pflanze angesehen werden.

Eine verschiedene Reizstimmung verschiedener Pflanzenteile aber geht daraus hervor, daß, während durch Reizung der Schwerkraft die Wurzel sich abwärts krümmt, der Stengel sich unter dem gleichen Reize aufwärts wendet und am Erdradius wie an einem Pfahl geradlinig emporwächst.

Chemischen Reizen ist die Pflanze in hohem Maße zugänglich. Schon die Wurzeln ziehen sich im Erdboden von mageren Stellen nach solchen hin, die einen größeren Gehalt an Nährstoffen besitzen. Besonders anschaulich zeigen aber frei bewegliche Zellen ihre chemische Reizbarkeit.

Die des Chlorophylls entbehrenden Pilze können sich nur von organischen Substanzen ernähren. Das gilt auch von den Spaltpilzen oder Bakterien, deren kleine Zellen bei einigen Arten durch Ruderfäden in ähnlicher Weise zu schwimmen vermögen, wie die Schwärmsporen der Algen. Für diese Bakterien ist Fleischextrakt ein guter Nährstoff. Wenn man davon eine Lösung herstellt, deren Konzentration den Bakterien zusagt, so wirkt dieselbe anziehend auf sie. Der Versuch wird am besten in folgender Weise ausgeführt.

Man füllt ein feines Haarröhrchen aus Glas mit der Fleischextraktlösung und bringt das eine Ende in einen Wassertropfen, in welchem sich zahlreiche Bakterien umhertummeln. Sobald etwas Flüssigkeit aus dem Haarröhrchen austritt und sich im Wasser verbreitet, werden, wie man unter dem Mikroskope beobachten kann, die Bakterien davon angezogen und schwimmen auf die Mündung des Haarröhrchens zu, um in dasselbe einzudringen. Diese kleinen Organismen schmecken ihr Futter. Bald ist das ganze Haarröhrchen mit Bakterien angefüllt, es ist zu einer Bakterienfalle geworden, während

Digitized by Google

der Wassertropfen sich von diesen beweglichen Zellen entleert hat. Das ist so zugegangen. Auf die Bakterien wirkt es als Reiz, wenn in einer Flüssigkeit Nährstoffe in verschiedener Konzentration gelöst sind, und sie bewegen sich geradlinig von den Orten geringeren nach den Orten größeren Nährstoffgehaltes. Indem der aus dem Haarröhrchen hervorquellende Fleischextrakt sich dem Wasser beimischt, bilden sich um die Mündung des Röhrchens Zonen verschiedener Konzentration, und sobald die Bakterien durch ihre Bewegung in die äußerste, verdünnteste Zone hineingeraten, werden sie durch ihre spezifische Reizbarkeit gezwungen, der nächsten, konzentrierteren Schicht entgegenzuschwimmen, und so fort, bis sie im Innern der Röhre das Maximum der Konzentration erreicht haben.

In ähnlicher Weise werden die Bakterien von Sauerstoff angezogen; die gleichfalls beweglichen Samenfäden der Farnkräuter von Apfelsäure, diejenigen der Moose von Rohrzucker.

Übrigens antwortet die Pflanze auf einen Reiz keineswegs bloß durch eine einfache Reaktion, sondern es gibt lange Reaktionsketten, die durch einen Reiz ausgelöst werden und durch verschiedene Entwicklungsphasen der Pflanze hindurch fortwirken können. So ist in der Befruchtung ein Wachstumsreiz gegeben. Durch ihn wird das sonst nicht entwicklungsfähige Ei veranlaßt zu wachsen, zum Embryo zu werden und sich in Gestalt und Größe solange zu verändern, bis ein neues Tier oder eine neue Pflanze daraus wurde, die dem Organismus gleicht, der das Ei bildete.

Endlich ist noch der spezifischen Sinnesenergien zu gedenken. Mit diesem Ausdrucke bezeichnet man in der Tierphysiologie die Tatsache, daß die Nerven unserer Sinnesorgane die verschiedenartigsten Reizungen mit der gleichen Reaktion beantworten. So ist unser Sehnerv reizbar für Strahlen einer mittleren Schwingungszahl, die wir schlechtweg Licht nennen, und reagiert auf diese Strahlen durch eine Lichtempfindung. Wird aber der Sehnerv anstatt durch

Digitized by Google

Strahlen durch einen mechanischen Druck oder Stoß gereizt, so besteht die Reaktion gleichfalls in einer Lichtempfindung, und ebenso wirkt ein elektrischer Strom. Der Gehörnerv empfindet nicht nur Schallwellen, sondern auch Druck und Elektrizität als Geräusch. Von diesen spezifischen Sinnesenergien glaubte man lange Zeit, daß sie den höheren Tieren ausschließlich eigen wären, und zwar nur in den zu Sonderempfindungen eingerichteten Organen, wie dem Ohr und dem Auge. Indessen ist festgestellt, daß das Protoplasma einer jeden Zelle geneigt ist, auf die verschiedensten Reize durch Zusammenziehung zu antworten. Es gibt aber auch Lebewesen von ganz unvollkommener Organisation, die Reizen gegenüber durch unzweifelhafte spezifische Energien reagieren.

Das Meerleuchten der Ostsee wird hauptsächlich durch zwei Organismen verursacht, deren größerer, die Nuctiluca miliaris, dem Tierreiche, deren kleinerer, das Ceratium tripos, dem Pflanzenreiche zugezählt wird. Der Körper dieser Geschöpfe leuchtet, nicht etwa das Meerwasser, das sie umgibt. Sind die mikroskopisch kleinen einzelligen Ceratien in großer Menge vorhanden, so erhält das bewegte Meerwasser durch sie einen phosphorigen Schein, während die Noktiluken als größere leuchtende Punkte sich darin umhertummeln. Fährt man an einem lauen August- oder Septemberabend über die See, so macht jeder Ruderschlag das Wasser aufleuchten; ein Dampfboot zieht einen hellen Streif hinter sich her. Im November sind diese Organismen, unter denen die Ceratien hier zunächst in Betracht kommen mögen, gleichfalls vorhanden, doch leuchtet das Meer dann gewöhnlich schon weniger, weil die niedrigere Temperatur die Reaktionsfähigkeit der kleinen Geschöpfe herabsetzt. Im ganz ruhigen Wasser leuchten sie überhaupt nicht. Hat man ein Gefäß, das reichlich Ceratien enthält, so muß man das Wasser mit einem Stabe scharf rühren oder schlagen, damit Leuchten eintritt. Es ist das Leuchten eine Reaktion, die in einem mit Lichterscheinung verbundenen Oxydationsprozesse besteht, und durch welche

Digitized by Google

Ceratium auf den Reiz von Stößen oder Schlägen antwortet. Ceratium ist auch anderen Reizen zugänglich, beantwortet aber jeden derselben durch Aufleuchten. Hat man Ceratien in einem Glase mit Wasser von 6 oder 8 Grad Temperatur, wobei sie nicht leuchten, und senkt dies Glas in heißes Wasser, worin sein Inhalt sich augenblicklich stark erwärmt, so leuchten die Ceratien auf, auch wenn das Wasser nicht bewegt wird. Hier wirkte die plötzliche Erwärmung als Reiz, der das Leuchten auslöste. Gießt man zu Wasser mit nicht leuchtenden Ceratien Alkohol, Schwefelsäure, Natronlauge oder irgend ein anderes scharfes Reagens, so erfolgt lebhaftes Aufleuchten; der chemische Reiz, einer Geschmacksreizung unserer Zunge vergleichbar, hat wiederum die Lichterscheinung ausgelöst. Es ist nicht zu bezweifeln, daß ein elektrischer Strom den gleichen Erfolg haben würde; leider ist es unmöglich, denselben zur Wirkung zu bringen. Denn das Meerwasser ist ein guter Leiter, und die stärksten Wechselströme gehen immer durch das Wasser und um die Zellen herum, ohne sie zu treffen, so daß kein Leuchten erfolgt. Wendet man einen gewöhnlichen galvanischen Strom an, so beginnt das Leuchten zwar sofort, allein dies ist nicht die Wirkung einer elektrischen, sondern einer chemischen Reizung, da ein solcher Strom das Kochsalz des Meerwassers elektrolytisch zersetzt, wobei an der einen Elektrode Salzsäure, an der anderen Natronlauge entsteht, und diese Stoffe sind es, welche die Pflänzchen zum Leuchten bringen.

Immerhin genügt es aber, wenn mechanischer, thermischer und chemischer Reiz stets die gleiche Reaktion des Leuchtens in der Ceratiumzelle auslösen, um eine gewisse Analogie mit dem Verhalten des Auges und seiner spezifischen Sinnesenergie darzutun. Nur daß im letzteren Falle das Leuchten ein innerer, subjektiver Vorgang im Empfindungsorgane ist.

Worin besteht denn nun aber das eigentliche Wesen der Reizbarkeit?

Wir haben im Wechsel äußerer Lebensbedingungen Reizursachen kennen gelernt; wir haben gesehen, daß auch Vor-

Digitized by Google

gänge, die sich im Innern des Organismus abspielen, zu Reizen werden können. Die Reizreaktion kann sich augenblicklich oder langsam, mitunter erst nach längerer Zeit vollziehen; sie ist nicht an den Ort gebunden, wo der Reiz ansetzt, sondern kann an einer davon entlegenen Stelle sich geltend machen, wohin der Reiz fortgeleitet wird. In den Sinnesorganen der höheren Tiere sind Stellen für besondere Formen des Empfindens gegeben, die bei verschiedenartigen Reizen in spezifischen Reaktionen sich äußern; solche spezifischen Reaktionen können auch einzeln lebende Pflanzenzellen zeigen. Sonst ist das Reizgefühl der Pflanze eher dem Tastgefühl der Haut des menschlichen Körpers zu vergleichen. Wie wir mit unserer Hand warmes und kaltes Wasser, Sonnenstrahlen und Schatten, Pelzwerk, Sammet, Seide, Sand, Stecknadeln u. s. w. unterscheiden, in jeder Berührung solcher Körper einen besonderen Reiz empfinden, so unterscheidet die Pflanze die Einwirkung von Schwerkraft und Licht, von roten und von blauen Strahlen, von Druck, Feuchtigkeit und besonderen chemischen Stoffen, und reagiert auf diese Reize durch Bewegungen, die wiederum von der Beschaffenheit der durch den Reiz getroffenen Gewebe und der Wechselbeziehung ihrer Teile untereinander abhängen. Für die Wirkung des Reizes ist Beschaffenheit und Struktur der getroffenen Teile maßgebend.

Dabei gibt sich als allgemeine Erscheinung zu erkennen, daß die vom Reiz hervorgebrachte Wirkung eine viel größere sein kann, als dem mechanischen Werte der reizenden Kraft entspricht. Wenn wir eine abgeschnittene Wurzelspitze auf feuchtes Erdreich oder gar auf Quecksilber legen, so läßt die Schwere sie nicht in diese Substanzen einsinken, während die unverletzte Wurzel unter dem Reiz der Schwerkraft in beide Medien sich kräftig hineinbohrt. Licht von schwächster Intensität kann dicke Stengel heliotropisch krümmen; der geringste Druck genügt für die Reizkrümmung einer Ranke, die im nicht reizbaren Zustande durch den gleichen Druck nicht die kleinste Biegung erleiden würde. Das Fehlen jeder Propor-

Digitized by Google

tionalität zwischen der Größe des Reizes und der Größe der Wirkung ist für die Reizerscheinungen charakteristisch. In keinem Falle braucht eine der reizenden Kraft äquivalente Arbeit geleistet zu werden.

Dies zwischen Reiz und Reaktion bestehende Verhältnis wird als Auslösungsvorgang definiert.

Nicht ohne Absicht fand das Wort Auslösen in den vorstehend angeführten Beispielen bereits mehrfach Verwendung. Es stammt aus der Maschinenkunde. Wenn wir ein aufgezogenes Uhrwerk in Gang setzen wollen, so drücken wir auf einen Knopf, ziehen an einer Schnur oder stoßen an ein Pendel. Dadurch wird ein Sperrhaken ausgehoben, und infolge der Beseitigung dieses Widerstandes setzt sich das Uhrwerk in Bewegung. Ich kann diese Bewegung hemmen, so oft es mir beliebt, indem ich den Sperrhaken wieder eingreifen lasse; ich kann das Uhrwerk von neuem in Gang setzen, wenn ich den Sperrhaken wieder auslöse. Der leichte einmalige Druck meines Fingers veranlaßt dabei vielleicht eine Bewegung, die eine Woche anhält. Es kann aber auch eine ungeheure Energiemenge durch einen höchst geringfügigen Kraftaufwand ausgelöst werden. Das geschieht z. B., wenn ein Panzerschiff oder ein Eisenbahnzug auf den Fingerdruck des Maschinisten sich in Bewegung setzt, und ein ebenso leichter Druck genügt, die Bewegung der Maschine zu beschleunigen, zu verlangsamen und wieder zu hemmen. Beim Abfeuern eines Gewehrs löst der Fingerdruck zunächst den Mechanismus aus, der die Patrone entzündet; der Entzündungsfunke löst seinerseits die gewaltige Kraft aus, die chemisch gebunden im Schießpulver schlummert. So gibt es chemische Auslösungen neben mechanischen, und beiden ist gemeinsam, daß kein festes Verhältnis zu bestehen braucht zwischen der Größe der auslösenden Kraft und der ausgelösten Wirkung.

Dieser mechanischen und chemischen tritt in der Reizbarkeit der Organismen die physiologische Auslösung an die Seite. Je eingehender man die Reizvorgänge untersucht, um

Digitized by Google

so mehr gelangt man zur Überzeugung, daß sie der Auslösung und Hemmung von Bewegung in den mechanischen Apparaten analog verlaufen. Wie man eine Maschinentätigkeit nicht nur auslöst, sondern auch wieder hemmt, so gibt es in den Lebenserscheinungen des Tierkörpers neben Auslösungsreizen auch Hemmungsreize, und wenn von letzteren in der Pflanzenphysiologie bisher kaum die Rede ist, so liegt das sicher nur daran, daß man nach ihnen noch wenig gesucht hat. Auch sind Hemmungswirkungen von Reizen meist schwieriger nachzuweisen als Auslösungswirkungen. Indessen möge, um ein Beispiel zu haben, hervorgehoben sein, daß man die Bewegung der Blätter bei der Sinnpflanze, ebenso die Strömung des Protoplasma, durch plötzliche Temperaturerniedrigung, durch Chloroformdampf, durch Sauerstoffmangel hemmen kann, um sie nach Beseitigung des Hemmungsmittels wieder in Bewegung zu versetzen.

Auflösung und Hemmung sind an sich mechanische Vorgänge, auch wenn sie im Tier, in der Pflanze sich abspielen. Ihr Verlauf hängt in jeder Maschine von deren besonderer Struktur, bei einer chemischen Verbindung von deren Zusammensetzung ab. Mit den Pflanzen und Tieren wird es sich zweifellos nicht anders verhalten; die Reizwirkungen werden bedingt durch die Konfiguration des Organismus.

Die für das Zustandekommen und die Möglichkeit von Auslösungsvorgängen erforderliche Struktur besitzt aber wiederum einen einheitlichen Grundzug, durch den sie sich kennzeichnen läßt: sie ist labil.

Unter labilem Gleichgewicht verstehen wir einen Zustand mechanischer oder chemischer Spannung, in welchem die Teile so gelagert sind, daß ein meist kleiner Anstoß von außen sie in Bewegung versetzt oder eine chemische Reaktion bewirkt. Der Zustand des labilen Gleichgewichts repräsentiert stets einen Vorrat von potentieller Energie, welcher disponiert ist, auf einen geeigneten Anstoß hin in kinetische Energie, d. h. in Bewegung, sich umzusetzen. Das Gleichgewicht wird stabil,

Digitized by Google

sobald jener Vorrat an potentieller Energie verausgabt ist. Den Anstoß aber, welcher die Spannung des Systems in Bewegung umsetzt, nennen wir Auslösung.

Jedes geladene Gewehr, jedes aufgezogene Uhrwerk, jeder Dampfer, der an der Brücke hält, jeder telegraphische Apparat, so lange er ruht, befindet sich also in Spannung, im labilen Gleichgewicht, und diese Spannung wird zur Bewegung ausgelöst, sobald man das Gewehr abdrückt oder telegraphiert. Ein ganz analoger Zustand ist die Reizbarkeit der Tiere und Pflanzen. Auch sie repräsentiert eine Spannung, ein labiles Gleichgewicht, das der Reiz in Bewegung umsetzt und dadurch dem stabilen Zustande nähert. Letzterer braucht nicht ganz erreicht zu werden, da das Leben unausgesetzt Erneuerung der ausgelösten Spannungen hervorbringt; wie auch der Apparat des Telegraphisten nie bis zur vollständigen Erschöpfung der Elektrizitätsquelle gehandhabt wird.

Wenn wir zugeben können, daß jede Reizung bei Pflanzen und Tieren ein Auslösungs- oder Hemmungsvorgang ist, in Kürze also sagen dürfen, Reiz ist gleich Auslösung, so entsteht die Frage, ob dieser Satz auch umgekehrt werden darf, so daß er lautet: Auslösung ist Reiz. Es würde daraus die Reizbarkeit jedes unbelebten, aber labilen körperlichen Systemes folgen, jeder Maschine, jeder Taschenuhr, jedes Sprengstoffs, auch der Lawine, die von des Glöckleins Klang fällt.

Ich glaube, daß gegen diese Auffassung sich höchstens sprachliche, doch keine sachlichen Bedenken ergeben können. Warum sollte es nicht als eine Reizung durch Druck gelten, wenn der Befehlshaber eines Panzerschiffs durch seinen Zeigefinger den Koloß in Bewegung setzt? Spricht es nicht für Reizbarkeit durch Wärme, wenn eine Uhr mit mangelhaft kompensiertem Pendel im Sommer verliert, im Winter gewinnt? Ist es nicht ein Lichtreiz, wenn die in einer dunklen Flasche friedlich vereinten Gase Wasserstoff und Chlor sich im Sonnenlicht zu Salzsäure verbinden? Ist es nicht ein chemischer Reiz, wenn mir mit einem Streichholz die Kohle entzünden,

Digitized by Google

welche eine Lokomotive treibt? Oder wenn wir ein Pfund Salz in Wasser gelöst haben, und das Salz nicht auskristallisiert, bis wir einen winzigen festen Kristallsplitter des gleichen Salzes in die Mutterlauge werfen, dann aber die Kristallisation eintreten sehen — ist das nicht gleichfalls ein chemischer Reiz?

Die Betrachtung führt uns dahin, daß begrifflich Reiz und Auslösung zusammenfallen. Nur sprachlicher Brauch vermag das Wort Reizbarkeit auf die Organismen zu beschränken. Daß er dies tut, soll keineswegs getadelt werden; denn es hat sein Gutes, den Rahmen der Begriffe sprachlich nicht allzuweit auszudehnen.

Durch vorstehenden Gedankengang ist, wie ich glaube, die Frage beantwortet, ob die Reizbarkeit einen fundamentalen Unterschied des Lebendigen und des Unbelebten bedingt. Es wäre ein Irrtum, dies anzunehmen; eine Verkennung dessen, was wir unter Reiz und Reizbarkeit zu verstehen haben. Reiz ist eine besondere Art der Auslösung, und Auslösungsvorgänge können an einem labilen mechanischen Systeme auftreten, mag dasselbe der belebten oder der unbelebten Natur angehören. Die wesentlichen Unterschiede des Lebendigen und des Leblosen liegen auf anderen Gebieten.

Digitized by Google

Kapitel 20.

Fortpflanzung und Vererbung.

Die Organisation der Zellen, der Pflanzen und Tiere wirkt in erster Linie dahin, das individuelle Leben zu unterhalten, solange es möglich ist. Die hierfür erforderliche Arbeit wird durch die Ernährung geleistet. Das Leben der Einzelwesen ist aber endlich; nur in der Kette der durch Fortpflanzung auseinander hervorgehenden Generationen kann sich das Leben dauernd erhalten. Allen Organismen ist der Trieb zur Erhaltung der Art eingepflanzt, den sie in der Fortpflanzung betätigen.

Wo immer uns Fortpflanzung im Bereiche des Lebendigen begegnet, da beruht sie auf der Teilung eines Tier- oder Pflanzenleibes. Ob bei dieser Teilung der Mutterorganismus in zwei gleich große Hälften sich spaltet, oder ob er im Teilungsakt nur einen winzigen Bruchteil seiner Leibesmasse abgliedert, steht in zweiter Linie und hängt meist von der Größe, sowie von der einfacheren oder verwickelteren Struktur des sich teilenden Organismus ab.

Die selbsttätige Teilung gehört zu den fundamentalen Lebensverrichtungen der Organismen. Wir haben sie kennen gelernt als einzige Art der Neubildung von Zellen. Die Vermehrung der Zellen, mögen sie isoliert leben oder im Gewebeverbande höherer Tiere und Pflanzen sich finden, beruht immer auf Teilung und ist somit ein Akt der Fortpflanzung. Selbst die wichtigeren Organe der Zelle, der Kern und die Farb-

Digitized by Google

träger, pflanzen sich fort, indem sie sich teilen; man kennt keine andere Art ihrer Neubildung. Hier, auf der untersten Stufe der Organisation, entsteht also nicht nur Organismus aus Organismus, sondern auch Organ aus Organ.

Es gibt zahllose Tiere und Pflanzen, deren frei lebende Individuen aus einer einzigen Zelle bestehen. Bei diesen niedersten Lebewesen decken Fortpflanzung und Zellteilung sich völlig, sofern die später zu erörternde Sexualität nicht hinzutritt. Wurde ein solcher Organismus durch Zweiteilung halbiert, so wird jede Hälfte nach der Trennung durch Ernährung und Wachstum wieder zu einer Zelle ergänzt, die der Mutterzelle an Größe und Eigenschaften gleicht. Die Merkmale der Mutterzelle müssen sich daher in den Tochterzellen erhalten, auch wenn Hunderte und Tausende von Generationen auseinander hervorgehen. Die erbliche Festhaltung des Artcharakters ist in diesem Falle das Nächstliegende, Verständlichste; viel weniger leicht begreiflich ist es schon, wenn von den ursprünglich einander gleichen Zellen im Vegetationspunkte einer Blütenpflanze die eine zu einer zarthäutigen assimilierenden Blattzelle, die andere zu einer dickwandigen Faser, die dritte zum Gliede eines Spiralgefäßes wird.

Größere Schwierigkeiten bereitet uns das Problem der Fortpflanzung und der erblichen Übertragung des Artcharakters von einer Generation auf die andere, sobald wir es mit der Fortpflanzung einer komplizierten, in verschiedene Organe gegliederten und aus vielerlei Zellen zusammengesetzten Pflanze zu tun haben. Solche großen, aus Millionen von Zellen bestehenden Gewächse pflegen in der Fortpflanzung auch nur einzelne Zellen abzugliedern, die wir Keimzellen oder Sporen nennen, und deren jede aus sich heraus durch Wachstum und Teilung einen Organismus hervorbringt, welcher dem Mutterorganismus gleicht. Ihre Keimzellen entstehen, wie alle anderen Zellen, durch Teilung einer Mutterzelle; sie bergen aber in sich den Wachstumsimpuls zum Aufbau einer ganzen neuen Pflanze der gleichen Art.

Digitized by Google

Als erläuterndes Beispiel möge eine Pflanzengruppe genannt sein, die sich erfahrungsgemäß lediglich auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzt.

Die Algen aus der Familie der Laminariazeen gehören teilweise zu den größten Gewächsen der Erde. Die beiden in unseren heimischen Meeren wachsenden Arten, Laminaria saccharina und L. digitata, sind schon recht stattliche Pflanzen, die mehr als Manneslänge erreichen; die den Stillen Ozean bewohnenden Gattungen Lessonia und Macrocystis gehören zu den Riesen des Gewächsreiches. Diese Pflanzen gliedern sich in eine Wurzel, einen Stengel und einen flachen, blattartigen Körperabschnitt. Ihre Gewebe bauen sich auf aus Millionen von Zellen, die untereinander vielfach abweichen an Gestalt und Größe. Einige dieser Zellen sind die Mutterzellen der Keimzellen, die aus ihnen durch Teilung entstehen und sich dann von der Pflanze loslösen. Solche Keimzelle ist zunächst nackt, sie trägt zwei Ruderfäden, mit deren Hilfe sie im Wasser umherschwimmt; man nennt sie Schwärmspore. Nach einiger Zeit setzt sich die Spore*) an einen festen, im Wasser liegenden Gegenstand, zieht ihre Fäden ein, umscheidet sich mit einer Zellwand, beginnt zu wachsen und sich zu teilen. Ihre Tochterzellen teilen sich wieder, es entsteht ein vielzelliges Pflänzchen, dessen Zellen zuerst einander gleichen, später aber zu verschiedenartigen Formen auswachsen; und zuletzt ergibt sich aus diesem Entwicklungsprozesse eine große, zur Wiederholung der Fortpflanzung geeignete Laminaria, wie die Mutterpflanze es war.

Die mikroskopisch kleine, nur einen Kern und Farbträger enthaltende Spore der Laminaria besitzt somit die Fähigkeit, alle die vielen Zellformen der Mutterpflanze aus sich heraus zu reproduzieren, während sie durch Teilung einer Zelle entstand, die selbst nur eine dieser vielen Formen war. Die

*) Das Wort Spore ist abgeleitet von dem griechischen Worte σπείρω ich säe, also ziemlich gleichbedeutend mit Same.

Digitized by Google

Keimzelle überträgt also den ganzen Artcharakter von einer Generation auf die andere, sie vereinigt in sich die Anlage aller Zellen und des äußeren Körperumrisses der Laminaria; und doch zeigt uns das Mikroskop nur eine Struktur, welche einfacher ist, als die der meisten Gewebezellen der ausgewachsenen Pflanze. Hier erscheint uns die Vererbung bereits in ihrer ganzen Kompliziertheit. Denn die Eigenschaften der Gesamtpflanze wie die jeder einzelnen ihrer Zellen müssen in gewissem Sinne und bis zu einem gewissen Grade ihren Einzug in die Keimzelle gehalten haben, bevor diese von der Mutterpflanze sich trennte: wie sollten sie sonst diese Eigenschaften unter Wachstum und fortgesetzter Zellteilung aus sich hieraus wieder hervorbringen können?

Solche geschlechtlose Fortpflanzung ist im Pflanzenreiche weit verbreitet, wenigstens in dessen niederen Ordnungen. Nicht selten sind dabei die Keime aus mehreren Zellen zusammengesetzt, so in den Sporen vieler Pilze und Flechten und den Brutkörnern der Moose. Manche Moose und Algen kann man auch künstlich in Keime zerlegen, indem man sie in ganz kleine Stücke, ja in einzelne Zellen zerschneidet; aus jeder solchen Zelle entwickelt sich bei geeigneter Kultur wieder ein ganzes Pflänzchen. Auch das Reis einer Weide läßt sich in zahlreiche, wenige Millimeter lange Stücke zerlegen, und ein geschickter Experimentator vermag aus jedem Stück wieder einen Weidenbaum zu erziehen mit Wurzeln, Blättern, Blüten und Früchten. Solche Tatsachen lassen es nicht undenkbar erscheinen, daß auch in jeder Gewebezelle einer hochorganisierten Pflanze Wachstumsimpulse schlummern, die es nur zu wecken gilt, damit sie ein neues Individuum hervorbringen.

Noch eine Tatsache von allgemeiner Verbreitung ist zu erwähnen, das ist die große Menge der hervorgebrachten Keime. Wir erblicken darin ein wichtiges Mittel zur Sicherstellung der Fortpflanzung, zur Erhaltung der Art. Wenn nur der zehnte Teil der von den Pflanzen abgestoßenen Keime zur Entwicklung gelangte, so würde die Zahl der Individuen

Digitized by Google

einer einzigen Jahresgeneration nicht mehr den Raum finden, sich zu entfalten. In Wirklichkeit geht aber die Mehrzahl der Pflanzenkeime zu grunde; nicht einem Hundertstel, bei manchen Arten nicht einem Tausendstel der von einem Individuum erzeugten Keime gelingt die Entwicklung. Gerade die Keime sind vielen Feinden und Unbilden ausgesetzt; darum ist es für die Erhaltung der Arten so nützlich, daß weit mehr Keime hervorgebracht werden, als dem Bedarfe entspricht. Nichts ist verkehrter, als diese Überproduktion von Keimen für zwecklos zu erklären.

Neben der ungeschlechtlichen Fortpflanzung begegnen wir in den meisten Ordnungen des Tier- und Pflanzenreichs den wunderbaren Vorgängen der geschlechtlichen Zeugung.

Die Sexualität, welche darin besteht, daß erst zwei Keimzellen miteinander verschmelzen müssen, bevor es zur Bildung eines entwicklungsfähigen Keimes kommt, ist uns darum so rätselhaft, weil wir ihre Bedeutung nicht kennen. Daß die Zeugung an sich zur Fortpflanzung nicht notwendig ist, wird durch das Vorkommen ungeschlechtlicher Keime bewiesen. Wenn aber die höheren Tiere und Pflanzen sich fast ausschließlich geschlechtlich vermehren, und auch in den niederen Ordnungen die Sexualität eine weite Verbreitung besitzt, so dürfen wir an ihrer Wichtigkeit nicht zweifeln. Es geht uns mit der Sexualität wie mit dem Zellkern: die große Bedeutung beider müssen wir folgern aus der Verbreitung ihres Auftretens; aber ihre Rolle im Haushalt des Organismus, ihr spezifisches Wirken, ist uns zur Zeit noch verborgen.

Manche Tiere und Pflanzen besitzen ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung nebeneinander, andere vermehren sich nur geschlechtlich. Von diesen letzteren mögen zunächst einige Beispiele folgen. Der Blasentang (Fucus vesiculosus) ist eine an den europäischen Küsten verbreitete Meeresalge. Derselbe trägt nur geschlechtliche Keimzellen, männliche und weibliche auf besonderen Pflanzen. In den weiblichen Pflanzen entstehen große, kugelrunde Zellen, die nach ihrer Reife in

Digitized by Google

das Meerwasser ausgestoßen werden; sie entbehren der Bewegungsorgane und werden lediglich von der Strömung getrieben. Diese weiblichen Fortpflanzungszellen nennt man Eizellen oder kurzweg Eier. Die Eier entstanden, wie alle Zellen, durch Teilung einer Mutterzelle, sie sind aber für sich allein zur Fortentwicklung nicht fähig, sondern gehen zu grunde, wofern sie nicht befruchtet werden. Die Befruchtung geschieht durch Verschmelzung eines Eies mit einer männlichen Fortpflanzungszelle, einem Spermatozoid. Die Spermatozoiden werden in den männlichen Pflanzen des Blasentangs durch Teilung von Mutterzellen in ungeheurer Menge gebildet und in das Meerwasser entleert. Ein Spermatozoid ist eine äußerst kleine Zelle, es besteht nur aus einem, von einer dünnen Plasmahaut umgebenen Zellkern und zwei Ruderfäden, durch deren Schwingungen es rasche Bewegungen im Wasser ausführt. Die Spermatozoiden allein können sich nicht weiter entwickeln, sondern sterben bald ab; sie sind aber imstande, das Ei zu befruchten und es dadurch entwicklungsfähig zu machen. Die Masse eines Eies ist etwa fünftausendmal so groß wie die eines Spermatozoids; der Durchmesser des letzteren ist geringer als der des Eikerns. Beide Fortpflanzungszellen sind nackt, ohne Zellhaut. Die Befruchtung besteht darin, daß das Spermatozoid in das weiche Protoplasma des Eies hineindringt und mit dem Eikern zu einem einzigen Kerne verschmilzt. Erst durch diese Vereinigung von Spermakern und Eikern ist die Eizelle zur wirklichen Keimzelle, d. h. teilungs- und wachstumsfähig, geworden. Das befruchtete Ei scheidet an seiner Oberfläche eine Zellwand aus, teilt sich dann successive in zwei, vier, acht, sechzehn u. s. w. Zellen und vermag zu einem neuen Blasentang heranzuwachsen.

Die Befruchtung wie die Größen- und Strukturverhältnisse von Ei und Spermatozoid bei Fucus können als normal für das Pflanzen- und Tierreich angesehen werden. Zahlreich sind die Abweichungen von dieser Norm. So gibt es Algen, bei denen Ei und Spermatozoid gleich groß und beide mit

Digitized by Google

Ruderfäden versehen sind. Bei anderen, z. B. Spirogyra, sind beide Fortpflanzungszellen gleich groß, aber sie werden nicht von der Mutterpflanze ausgestoßen und besitzen auch keine Ruder; die männliche Zelle kriecht in einem durch Wachstum gebildeten Verbindungsschlauche zum Ei hinüber, um mit diesem zu verschmelzen. Bei Mesocarpus kann man überhaupt nicht entscheiden, welche der beiden Zellen als männlich, welche als weiblich anzusehen ist, beide wachsen einander entgegen, um sich zu verbinden. Bei Ödogonium bieten Ei und Spermatozoid ähnliche Verschiedenheit dar wie bei Fucus, doch bleibt das Ei im Zusammenhang mit der Mutterpflanze und wird so durch das eindringende Spermatozoid befruchtet; ein Fall, der sich bei den Moosen und Farnen wie bei den Tieren in weiter Verbreitung wiederholt.

Ein besonderes Verhalten zeigen die Blütenpflanzen. Sie besitzen ausschließlich geschlechtliche Keimbildung. Das Ei befindet sich in der vom Gehäuse des Fruchtknotens eingeschlossenen Samenknospe; männliche Zellen sind die in den Antheren der Staubgefäße gebildeten Pollenkörner. Ein solches Pollenkorn hat einen verwickelten Weg zurückzulegen, bevor sein Kern mit dem Eikern verschmelzen kann. Zunächst wird es durch den Wind oder durch Insekten auf die Narbe der Blüte übertragen. Hier wächst es aus in einen langen, dünnen Faden, den Pollenschlauch, welcher Protoplasma und den sogenannten Spermakern enthält. Der Pollenschlauch wächst durch den Griffel und den Fruchtknoten hindurch bis in die Samenknospe hinein, bis dicht an das Ei. Hier erweicht an der Spitze seine Zellhaut und läßt den Spermakern hindurchtreten, der in das Ei eindringt und sich mit dem Eikern vereinigt. Infolge der Befruchtung scheidet das Ei an seiner Oberfläche eine Zellwand aus und beginnt sich zu teilen. Ein Keim ist entstanden, der sich als Embryo im anatomischen Zusammenhange mit der Mutterpflanze weiter entwickelt.

Daß in der geschlechtlichen Vereinigung die wichtigste Rolle den beiden Zellkernen zufällt, ist nicht wohl zu be-

Digitized by Google

zweifeln. Damit ist aber keineswegs die Befruchtung als ausschließliche Funktion des Zellkerns erwiesen; dem stehen Wahrnehmungen gegenüber, nach denen der Kern auch in Beziehung zu ganz anderen Vorgängen in der Zelle steht.

Darf man an Einzelfällen gemachte Beobachtungen verallgemeinern, so unterscheiden sich Eikern und Spermakern von allen übrigen Zellkernen der gleichen Pflanze schon in einem wichtigen anatomischen Umstande. Bei ihrer Entstehung durch Zweiteilung des Mutterkerns unterbleibt nämlich die sonst bei jeder Kernteilung eintretende Längsspaltung der Nukleinschleifen, welche die Bedeutung hat, die Zahl dieser Nukleinfäden, die auch Chromosomen genannt werden, für sämtliche Zellen der Art konstant zu erhalten. Besaßen die Mutterkerne von Eikern und Spermakern beispielsweise 24 Nukleinfäden, so erhalten Eikern und Spermakern selbst deren nur je zwölf, und damit sind sie nicht entwicklungsfähig, nicht weiter teilungsfähig. Beide verbinden sich dann zum Keimkern, der nunmehr wieder 24 Nukleinfäden enthält und imstande ist, sich durch die gewöhnliche Kernteilung zu vermehren.

Die befruchtete Keimzelle enthält als Mitgift des Vaters somit im wesentlichen nur einen halben Zellkern, als Mitgift der Mutter außer der anderen Hälfte des Zellkerns die große Protoplasmamasse des Eies, bei Pflanzen auch noch Farbträger.

Daß Eikern und Spermakern materiell voneinander verschieden sind, wird kaum einem Zweifel unterliegen können; denn sonst hätte ihre Vereinigung bei der Befruchtung keinen Sinn. Auch dürfte dieser Gegensatz vielleicht mehr in feinsten, dem Mikroskope unzugänglichen Abweichungen der anatomischen Struktur seinen Grund haben, als in verschiedener chemischer Zusammensetzung. Wie aber können wir uns das Zustandekommen des geschlechtlichen Gegensatzes der beiden Kerne vorstellen?

Es sprechen viele Tatsachen zu gunsten der Annahme, daß in den gewöhnlichen Gewebezellen der Pflanzen die Zellkerne männliche und weibliche Qualitäten gemischt enthalten.

Digitized by Google

Dasselbe würde gelten von den Kernen der ungeschlechtlichen Keimzellen. Gerade die Eier und Spermatozoiden sind aber vor der Vereinigung unfähig zur Entwicklung, ihre Kerne außer stande, sich zu teilen. Der Eikern dürfte daher die männlichen, der Spermakern die weiblichen Eigenschaften verloren haben, wofür die halbierte Zahl der Nukleinschleifen der Ausdruck sein könnte. Doch wir betreten mit diesen Hypothesen ein Gebiet, das noch zu nebelhaft ist, um an dieser Stelle eine eingehendere Betrachtung lohnend erscheinen zu lassen.

Die geschlechtliche Zeugung kann nur als ein Spezialfall der Fortpflanzung aufgefaßt werden; indessen wird auf ihre hohe Bedeutung nicht nur durch ihre weite Verbreitung hingewiesen, sondern auch dadurch, daß die Natur Zwangsmittel und Anlockungen der verschiedensten Art anwendet, um die Vereinigung der Geschlechtszellen zu erreichen, die sie oft auf den verschlungensten Wegen verwirklicht.

Auch die Geschlechtszellen werden in verschwenderischer Fülle produziert. Wenigstens gilt das allgemein von den Spermatozoiden und Pollenkörnern, obgleich manche Organismen, z. B. Fische und Amphibien, auch enorme Mengen von Eiern hervorbringen. Allein Spermatozoiden sind immer in viel größerer Zahl verfügbar als Eier, was zur Sicherung der Befruchtung wertvoll ist. Die Natur hat aber Mittel geschaffen, durch welche ein Spermatozoid mit ähnlicher Gewalt geradlinig vom Ei angezogen wird, wie das Eisen vom Magnet. Man beobachtet dies bei der Befruchtung der Algen, der Moose und Farnkräuter. Es sind gelöste Stoffe, die von den Eiern ausgeschieden werden und als chemische Reize auf die Spermatozoiden wirken; ein Gegenstück zu jenem chemischen Reiz gelöster Nahrung, durch den Spaltpilze in ein Kapillarrohr hineingetrieben werden können*). Die Eier der Moose scheiden Rohrzucker, die der Farne Apfelsäure aus, und indem diese Stoffe sich im Wasser aus-

*) Vgl. Kap. 19 S. 215.

Digitized by Google

breiten, worin Spermatozoiden der betreffenden Pflanzen umherschwimmen, zwingen sie letztere, in die schmale Mündung des weiblichen Geschlechtsorgans und schließlich in das Ei hineinzudringen.

Während die Keimzellen selbst durch chemische Kräfte zueinander getrieben werden können, sind Erregung von Nervenzentren die Ursache der Paarung von Männchen und Weibchen in der höheren Tierwelt. Bei den Blütenpflanzen wird entweder Pollen in so großem Überschusse hervorgebracht, daß es genügt, denselben in der Luft verstäuben zu lassen, um den Eiern die Befruchtung zu sichern, oder es greifen die wunderbarsten Beziehungen Platz zwischen der Farbenentwicklung, dem Duft und der Honigabsonderung der Blumen einerseits und der Tätigkeit der Insekten andererseits, die vom Honig leben, und welche ihr Hunger antreibt, unwillkürlich zu Vermittlern der Vereinigung von Spermakern und Eikern bei jenen Pflanzen zu werden. Mit allen diesen Mitteln arbeitet die Natur wie eine unsichtbare Göttin darauf hin, durch Vereinigung der Geschlechter die Erhaltung der Arten bei den verschiedenen Typen der Organismen auf die verschiedenartigste Weise zu sichern.

Von einer Spezies müssen die Geschlechtszellen abstammen, um einen lebensfähigen Keim erzeugen zu können. Nur ausnahmsweise, in der Bastardierung, können Sexualzellen verschiedener Arten sich miteinander paaren. Zugleich geht durch die Organisation des gesamten Tier- und Pflanzenreiches die Neigung, männliche und weibliche Geschlechtszellen in verschiedenen Individuen reifen zu lassen. Die Gewebe, welche Spermakern und Eikern hervorbringen, dürfen also nicht zu nahe und nicht zu entfernt miteinander verwandt sein. Selbst da, wo Bildung zwittriger Individuen Regel ist, wie bei den Blütenpflanzen, finden sich die merkwürdigsten Einrichtungen verwirklicht, um die Pollenkörner des einen Stockes mit Eiern des anderen Stockes zusammenzuführen, so daß die Zwittrigkeit lediglich die Bedeutung hat, jedes Individuum sowohl zur

Digitized by Google

Produktion von männlichen wie von weiblichen Geschlechtszellen auszunutzen.

So tief wir indessen auch eingedrungen sind in das verwickelte Spiel aller dieser Vorgänge, die insbesondere durch ihre Vielgestaltigkeit in Erstaunen setzen, so vermögen wir denselben doch nur das eine Ergebnis zu entnehmen, daß die Wichtigkeit der Sexualität eine sehr große sein muß, während ihr eigentlicher Grund uns rätselhaft bleibt.

Doch das größte Rätsel auf diesem Gebiete liegt nicht in den Tatsachen der Sexualität; es ist der geschlechtlichen und der ungeschlechtlichen Fortpflanzung gemeinsam: die Erscheinung der Vererbung.

Die Vererbung besteht darin, daß alle Eigenschaften des Vaters und der Mutter sich in einer, weder mikroskopisch noch chemisch, noch anderweitig nachweisbaren Form in den Keimzellen konzentrieren, um als Wachstumsimpuls auf den Keim zu wirken und denselben zu zwingen, ein Individuum der gleichen Art hervorzubringen.

Wo Zeugung herrscht, wissen wir, daß im Kinde bald die Eigenschaften der Mutter, bald die des Vaters überwiegen können; daß bald beide nebeneinander hervortreten oder sich bis zu einem gewissen Grade neutralisieren. In der ungeschlechtlichen Fortpflanzung fallen diese Alternativen fort, obgleich die Vererbung der Eigenschaften in ihr mit gleicher Schärfe hervortritt.

Die Keimzellen der größeren Tiere und Pflanzen enthalten potentiell, d. h. der Anlage nach, alle Eigenschaften des erwachsenen Tieres und der erwachsenen Pflanze. Unter dem Mikroskope ist nichts davon zu sehen; und doch müssen wir annehmen, daß nicht chemische Verbindungen, sondern aus diesen aufgebaute Strukturen vererbt werden. Der Artcharakter ist im Ei schon so sicher ausgeprägt wie in der entwickelten Pflanze. Die Spermatozoiden, beziehungsweise die Eier zweier Farnkrautspezies oder des Hundes und des Wolfes müssen in gewisser Hinsicht so verschieden voneinander

Digitized by Google

sein, wie die erwachsenen Pflanzen und Tiere selbst. Das Ei des Apfelbaums gleicht vollständig dem des Birnbaums; dennoch entwickelt sich infolge der Befruchtung aus dem einen mit unfehlbarer Sicherheit ein Apfelbaum, aus dem anderen mit der gleichen Sicherheit ein Birnbaum.

Die Eigenschaften der Mutter sind vertreten im Ei, es ist gewissermaßen die Mutter selbst; die Eigenschaften des Vaters sind eingeschlossen im Spermakern, er ist der Vater selbst. Die aus der Vereinigung beider entstehende Keimzelle ist das Kind. Die erbliche Übertragung von Eigenschaften der Eltern geschieht aber nicht bloß durch die Keimzelle, sondern schon durch das Ei und den Spermakern.

Besonders auf drei Gruppen von Erscheinungen möge hingewiesen sein, die in der Vererbung sich übertragen: der äußere Umriß des Körpers, z. B. einer Tanne, einer Seerose, eines Kaninchens, einer Taube; die innere Struktur bis zu den feinsten Einzelheiten des Zellenbaues; endlich chemische Eigenschaften bis zu den unwesentlichsten Beimischungen hinab. Für letzteres wird es genügen, ein einziges Beispiel als Beleg anzuführen. Die Blumen der meisten Pflanzen besitzen einen eigenartigen Duft, der auf Aussonderung flüchtiger Stoffe in die Atmosphäre beruht; der spezifische Blumenduft jeder Art muß aber der Anlage nach schon in den Keimzellen enthalten gewesen sein. Daß dem Worte „Anlage" dabei eine gewisse Unklarheit innewohnt, darf allerdings nicht übersehen werden.

Fast noch schlagender als in den Artcharakteren tritt uns die Wirkung der Vererbung in der Übertragung individueller, in den Kreis der Variation gehörender Merkmale der Eltern entgegen. Hierfür ist das nächstliegende Beispiel der Mensch. Denken wir uns eine Mutter mit blondem, schlichtem Haar, blauen Augen und einem Stumpfnäschen; dagegen einen Vater mit schwarzem, krausem Haar, braunen Augen und einer Adlernase, so kann die Gesichtsbildung des Sohnes die Mitte halten zwischen derjenigen der Eltern, sie kann im wesentlichen übereinstimmen mit der der Mutter, sie kann aber auch

Digitized by Google

bis zum Verwechseln ähnlich werden derjenigen des Vaters. Den letzten Fall möchte ich herausgreifen. Es ist besonders lehrreich, wenn der Sohn eines der Mutter unähnlichen Vaters ganz mit dem letzteren übereinstimmt bis zu den feinsten Kurven des Profils. Dazu kann noch kommen, daß auch Charakter- und Gemütsanlagen sich vom Vater auf den Sohn übertragen. Alle diese Eigenschaften waren aber der Anlage nach eingeschlossen in das Spermatozoid, das im wesentlichen nur aus einem Zellkern besteht.

Wir betrachten daher den Zellkern als den wichtigsten Träger der Vererbung. Zwar muß auch Protoplasma in der Keimzelle enthalten sein, und wird dies so gut wie ausschließlich vom Ei geliefert; der eigentliche Rassencharakter scheint indessen am Kerne zu haften, das Protoplasma ist mehr ein ernährendes Gehäuse, das den Zellkern umgibt. Der Kern der Keimzelle ist daher als Baumeister des neuen gestaltenden Organismus anzusehen; und je nachdem die mütterlichen oder väterlichen Anlagen in ihm überwiegen, ähnelt das Kind mehr der Mutter oder dem Vater.

Wenn ein Zellkern alle vererbbaren Eigenschaften des Vaters in die befruchtete Keimzelle hineinträgt, so vererben sich diese Eigenschaften im weiteren Verlaufe der Entwicklung auf die aus der Keimzelle durch Teilung entstehenden Tochter-, Enkel-, Urenkel- u. s. w. Zellen, kurz auf die Millionen von Zellen, die davon abstammen. Daß auch bei dieser weiteren Übertragung der Rasseneigenschaften und individuellen Charaktere die Kerne als Träger fungieren, ist wahrscheinlich. Weil aber wenigstens für Pflanzen es sich zeigen läßt, daß unter Umständen jede Gewebszelle zur Keimzelle werden, also eine neue Pflanze der gleichen Art durch Teilung und Wachstum aufbauen kann, so gelangen wir zu der Vorstellung, daß wohl in jedem Zellkern eines Organismus die Anlage zu den Eigenschaften des Gesamtorganismus verborgen ist. Diese Vorstellung dürfte keine größeren Schwierigkeiten bereiten als das Verständnis der Tatsache, daß die bei der

Digitized by Google

Zweiteilung entstehenden Tochterzellen die Eigenschaften der Mutterzellen besitzen.

Somit haben wir folgende Kette von Vorgängen: Ein Zellkern halbiert sich, jede Hälfte wächst durch Ernährung aus dem Protoplasma zu einem neuen Vollkern heran. Der Vorgang wiederholt sich Tausende von Malen, immer sind beide Teilhälften einander gleich und ergänzen sich zu Kernen der gleichen Eigenschaften, wie sie der Mutterkern besaß. Das Endglied der Kette ist ein Spermakern oder ein Eikern, die nicht mehr die Eigenschaften der übrigen Kerne besitzen, d. h. sich allein nicht weiter zu teilen vermögen, sondern diese eingebüßten Eigenschaften erst durch Verschmelzung wieder erlangen können. Eikern und Spermakern liefern somit den Beweis, daß im Laufe der Kernteilung auch Eigenschaften verloren gehen können; sie bilden darin eine Ausnahme von der Regel. Allein sie fügen sich der Regel insofern wieder ein, als der Eikern die weiblichen und der Spermakern die männlichen Eigenschaften des Zellkerns bewahrt und nur die entgegengesetzten Eigenschaften abgestoßen hat.

Die vielen neuen Spielarten von Zierpflanzen, welche die Kunst der Gärtner jahraus jahrein hervorbringt, werden großenteils durch Kreuzung verschiedener, einander nahestehender Rassen gewonnen. Sie können dann Merkmale des Vaters und der Mutter miteinander vereinigen. So möge das Ei einer Rose mit roten Blumen und großen, glänzenden Blättern befruchtet werden durch den Spermakern einer Rose mit weißen Blumen und kleinen, glanzlosen Blättern. Die befruchtete Keimzelle entwickelt sich zu einem Rosenstrauch, der die glänzenden Blätter der Mutter, aber die weißen Blüten des Vaters trägt. Im befruchtenden Spermakern war die Anlage zu weißen, im Eikern die Anlage zu roten Blüten vorhanden; im Kern der Keimzelle war aber die männliche Anlage zur Blütenfarbe so übermächtig, daß die weibliche Anlage unterdrückt ward. Umgekehrt wurde im Kern der Keimzelle die väterliche Anlage zu Blättern durch die mütterliche über-

Digitized by Google

wältigt. Dies beweist, daß in einem Kern Eigenschaften und Anlage zu grunde gehen können. Das Kind erzeugt in seinen Blüten, wenn deren Narben mit dem eigenen Blütenstaub befruchtet werden, Keimzellen, deren Kern die Anlage zu weißen Blumen und großen, glänzenden Blättern besitzt; und diese Anlagen waren auch schon sowohl im Eikern als im Spermakern vorhanden. Aber noch mehr. Wenn ich aus dem Stengel des Kindes eine ganz kleine Knospe herausschneide und in den Stamm einer Wildrose hineinokuliere, so entwickelt sich aus den Gewebezellen dieses Auges ein Sproß, der alle Eigenschaften des Kindes besitzt, also große, glänzende Blätter und weiße Blumen trägt. Daraus dürfte folgen, daß jeder Kern einer beliebigen Zelle des Kindes die Blütenanlage des Vaters und die Blattanlage der Mutter einschließt. Nehmen wir an, das Kind sei zu einem Rosenstock herangewachsen, der fünf Millionen Zellkerne enthält, so müßte das mütterliche Erbteil des ursprünglichen Eikerns und das väterliche des Spermakerns in jedem einzelnen dieser Kerne durch fünf Millionen geteilt sein, wenn es nicht zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Kernteilungen immer wieder auf seinen vollen Bestand ergänzt worden wäre. Diese Ergänzung kann nur eine materielle sein und muß aus den Substanzen des Protoplasma geliefert werden. Weil aber wesentliche chemische Bestandteile des Kerns, z. B. das Nuklein, sich im Protoplasma nicht finden, so muß es sich bei jener Ergänzung um eine Art von Assimilation, d. h. eine Umwandlung des Protoplasma in die spezifischen Kernsubstanzen, gehandelt haben. Diese neue Kernsubstanz muß dann aber eine Konfiguration annehmen, die sich genau der Konfiguration der bereits vorhandenen Kernsubstanz anschließt, so daß sie dadurch zum Träger der gleichen Erbeigenschaften wird, wie die letztere. Wir gelangen zu dem Ergebnis, daß solche fortgesetzte Ergänzung des Zellkerns notwendig ist, wenn die Eigenschaften des Kerns der Keimzelle auf alle Kerne der erwachsenen Pflanze übertragen werden sollen. Die Erbmasse des Kerns vermag also Proto-

Digitized by Google

plasma, das bisher nicht Erbmasse war, zu assimilieren, d. h. auch in Erbmasse zu verwandeln.

Diese letzte Betrachtung drängt zu der Frage, worin das Wesen der Vererbung bestehen mag.

Die Tatsachen lehren, daß die aus der Keimzelle sich entwickelnden Zellenmassen durch den Spermakern in eigenartige Formen hineingezwungen werden können, wenn z. B. das Kind die schwarzen Haare, die dunklen Augen, das scharf geschnittene Profil des Vaters ererbt. Ich kann diese Einwirkung des Spermakerns nicht anders als einen Zwang nennen, einen dynamischen Einfluß, dessen Wirkung in der ganzen Bildung und Entwicklung des Körpers zum Ausdruck gelangt, in seinen Umrissen wie in seiner inneren Struktur.

Der Satz, daß die Vererbung in einer dynamischen Übertragung von Eigenschaften der Eltern auf das Kind besteht, ist eigentlich keine Vorstellung — denn wir können uns diese Wirkung in ihren Einzelheiten nicht vorstellen —, noch weniger eine Hypothese, sondern es ist ein durch Abstraktion aus den Erscheinungen gezogenes Fazit, eine unmittelbare Zusammenfassung der beobachteten Tatsachen. Wir sehen in der Vererbung Kräftewirkungen tätig, welche die Materie der Zellen formen wie plastischen Ton, welche die Zellen aneinanderfügen wie der Maurer die Ziegel eines Bauwerks. Die Keimzelle einer Seerose ist gezwungen, immer wieder eine Seerose, die Keimzelle einer Tanne immer wieder eine Tanne zu gestalten. Es haftet der Zwang der Vererbung an der Materie der Zellen, denn alle Kräfte haften an wägbarer Substanz.

Die Vererbung ist keineswegs eine besondere Energieform; aber sie ist eine Einzelerscheinung des großen Prinzips, das die Natur beherrscht, des Prinzips der Übertragung von Bewegung. Der Kern der Keimzelle ist nach Ausdrucksweise der Physik ein materielles System von spezifischer Konfiguration und spezifischer Bewegung. In seiner Teilung erzeugt er mehrere solcher Systeme von der gleichen spezifischen Konfiguration und der gleichen spezifischen Bewegung; denn die

Digitized by Google

Bewegung in einem materiellen Systeme ist abhängig von seiner Konfiguration. Denken wir uns eine Taschenuhr halbiert, nicht so, daß sie in der Mitte durchgeschnitten wäre, sondern so, daß zwei gehende Uhren daraus entstehen, bei denen alle Teile die halbe Größe der Teile der ersten Uhr besitzen, so haben wir ein Abbild des Zellkerns vor und nach der Teilung. Bei der Ergänzung seiner Masse verhält sich der Tochterkern so, als wenn die halbierte Uhr durch Aufnahme von Messing, Stahl u. s. w. allmählich wieder zu einer großen Uhr heranwüchse, dabei aber ohne Unterbrechung im Gang bliebe. Wie man ein Uhrwerk anstatt aus Metall nicht aus Seife und Siegellack herstellen kann, so ist die Struktur des Zellkerns natürlich auch an die besondere Beschaffenheit der chemischen Verbindungen geknüpft, die ihn zusammensetzen.

Ein Uhrwerk besitzt eine eigenartige Bewegung, und diese Bewegung läßt sich z. B. durch Elektrizität auf andere Uhrwerke übertragen. Entsprechend kann auch ein Zellkern seine spezifische Bewegung auf einen anderen, aus ihm entstandenen Kern übertragen. Wenn in solcher kettenförmigen Übertragung vom Kern der Keimzelle auf alle durch Teilung aus dieser entstehenden Zellen ein Zwang ausgeübt wird, der sie in bestimmte Bahnen und Entwicklungsrichtungen drängt, so kann man diesen Zwang auch einen Reiz nennen, der in den embryonalen Zellen eine bestimmte Entwicklungsrichtung auslöst. Aber bei der einen wie bei der anderen Betrachtungsweise wird die Anschauung der Einzelheiten uns so lange fehlen, bis man über ganz andere Mittel der Vergrößerung des Zellkerns verfügt, als die bisherigen Mikroskope sie uns liefern. Daher kommen wir zur Zeit nicht wesentlich über die Lehre des alten Blumenbach hinaus, der im Keime der Organismen einen nisus formativus, einen Gestaltungstrieb, anerkannte, welcher die Entwicklungsrichtung des Keimes vorzeichnet. Eine Errungenschaft unserer Zeit ist es aber, auch das Problem der Vererbung als ein Zellenproblem festgestellt zu haben.

Es fehlt der Gegenwart nicht an Hypothesen über das

Digitized by Google

Wesen der Vererbung, die sich als Theorien einer materiellen Übertragung bezeichnen, und teils ungeformte chemische Verbindungen, teils geformte Substanzen als Träger der Erblichkeit ansehen. Ich bin der Meinung, daß durch solche Hypothesen wenig oder gar nichts gewonnen wird.

Eine dieser Hypothesen ist die chemische. Sie nimmt an, daß die Form der Organe nur die äußere Erscheinung ihrer verschiedenen materiellen Beschaffenheit sei. Das soll heißen: weil wir an einer Pflanze Laubblätter, Kelchblätter, Blumenblätter, Staubblätter u. s. w. unterscheiden, so muß es einen Laubblattstoff, Kelchblattstoff, Blumenblattstoff u. s. w. geben, kurz, so viele verschiedene Teile, so viel Stoffe. Von jedem Stoff muß etwas in den Kern der Keimzelle eintreten und bei der Entwicklung der Keimpflanze sich vermehren, um zuletzt wieder die neuen Organe zu bilden. Natürlich müssen diese Stoffe wieder bei allen Arten, bei allen Rassen verschieden sein. Aber zu welcher ungeheuren Zahl von Stoffen gelangen wir da, zu Stoffen, die unsere Chemie gar nicht unterscheiden und definieren kann. Die uns zugemutete Vorstellung ist auch insofern eine ungeheuerliche, als in die mikroskopisch kleine Keimzelle einer Roßkastanie doch so ziemlich aus jeder Zelle eines blühbaren Baumes etwas „Stoff" eingetreten sein müßte. Und nun denke man gar an die Übertragung der individuellen Ähnlichkeit eines Menschen auf den andern. Da bedürfte man eines besonderen Stoffes für die Kurve jeder Gesichtslinie! Ich glaube mich einer eingehenderen Kritik dieser Hypothese enthalten zu können, die schon in ihrer Voraussetzung nicht mehr gerechtfertigt ist, als wenn wir aus der verschiedenen Gestalt und Größe der Räder einer Uhr den Schluß ziehen wollten, daß jedes aus einem anderen Stoffe geformt sein müsse.

Eine andere Hypothese ist die Lehre von der sogenannten Pangenesis. Diese setzt kleine organisierte Keimkörper, Pangene, voraus, die im ganzen Körper verbreitet sein sollen, um sich bei Entwicklung des neuen Organismus durch Teilung zu vermehren. Sie sollen die materiellen Träger der Erblichkeit

Digitized by Google

sein. Nimmt man so viele Pangene an, als die Körper der Eltern verschiedene Eigenschaften besitzen — wohin auch wieder die Kurven der Oberfläche gehören würden — so müßte ihre Anzahl im Kern der Keimzellen ins ungeheure steigen, die Hypothese würde damit der chemischen sehr nahe kommen. Man hat aber zugestanden, daß nur eine beschränkte Zahl von Pangenen im Keimkern vorhanden sein möchte, durch deren wechselnde Kombination die zahllosen Einzelformen gebildet würden, wie sich aus den 24 Buchstaben des Alphabets unendlich viele Worte bilden lassen, und durch Kombination dieser Worte unendlich viele Sätze von verschiedenem Sinn. Allein dabei wird übersehen, daß durch Zusammenschütten vieler Buchstaben noch keine Worte entstehen, daß es dazu der intelligenten Tätigkeit eines Setzers bedarf; und daß durch Zusammenwerfen von Worten noch keine Sätze und Gedanken sich bilden, daß es hierzu der intelligenten Arbeit eines Schriftstellers bedarf. Die Vererbung aber wäre immer erst dieser Arbeit des Setzers und Schriftstellers zu vergleichen; und damit kommen wir wieder darauf zurück, sie als einen dynamischen Zwang aufzufassen, so daß tatsächlich durch die Annahme von Pangenen gar nichts gewonnen wird. Denn wodurch sollen die Pangene gerichtet und geordnet werden, wenn nicht durch eine Kraft?

Gewiß sind in dem als Träger der Vererbung dienenden Zellkern besonders organisierte Teile und besondere Stoffe vorhanden; die Vererbung selbst aber bleibt für uns ein dynamischer Vorgang, eine Übertragung von Bewegung. Will man ihre Wirkung noch mit irgend etwas Bekanntem vergleichen, so kann dies geschehen durch ihre Vergleichung mit dem Instinkt der Tiere und mit menschlicher Intelligenz, die eine Maschine konstruiert oder ein Haus baut. Doch würde die Ausführung dieses Gedankens uns an dieser Stelle zu weit führen.

Man könnte auch sagen: die erblichen Charaktere sind im Ei und Spermatozoid mit einer Schrift verzeichnet, die

Digitized by Google

der Schrift vergleichbar ist, mit der die Erinnerungen in unserem Gedächtnisse eingeschrieben sind. Aber die Schrift der Erblichkeit ist viel dauerhafter und sicherer, als die des Gedächtnisses; sie ist von geradezu unfehlbarer Sicherheit, sofern nicht besondere Umstände eintreten, um auch sie zu erschüttern.

Eins aber ist unserem Wissen und unserer Vorstellung völlig entzogen: wie der Impuls der Vererbung auf die materiellen Teile der Zellen einwirkt. Darüber wissen wir so wenig, wie über die Wirkung des Willens auf die Nerven- und Muskelsubstanz unseres Körpers. Die Vererbungsimpulse verhalten sich darin den Wachstumsimpulsen völlig gleich.

Darauf, daß auch die Kunstfertigkeiten und Instinkte der Tiere vererbt werden, braucht wohl nur hingewiesen zu werden. Die Spinne lernt nicht spinnen, die Schwalbe lernt nicht ihr Nest bauen, sie ererben diese Fähigkeiten. Sollte auch hierbei von Instinktpangenen oder Instinktstoffen die Rede sein können?

Digitized by Google

Kapitel 21.

Anpassungen.

Hammer, Beil, Säge, Bohrer u. s. w. sind Werkzeuge, welche der Mensch für bestimmte Verrichtungen hergestellt hat, und die den damit auszuführenden Arbeiten angepaßt sind. Wie vollkommen diese Anpassung ist, übersieht man sogleich bei dem geradezu lächerlichen Gedanken, daß jemand mit der Säge hämmern, mit dem Hammer sägen oder mit dem Beile bohren wollte. Soviel zur Erläuterung des Wortes Anpassung.

Auch die Organe der Pflanzen und Tiere sind Werkzeuge, die den Lebensverrichtungen in ungemein vollkommener Weise angepaßt sind. Schon in den Fäden der Schwärmsporen haben wir Ruderwerkzeuge kennen gelernt, die ein lebhaftes Umherschwimmen dieser Zellen im Wasser ermöglichen. Dem Schwimmen sind die Flossen der Fische auf vollendete, zugleich aber auf mannigfaltige Weise angepaßt; denn verschiedene Fische besitzen oft sehr verschiedene Flossen. Anpassungsorgane an die gleiche Funktion sind auch die Schwimmfüße der Wasservögel, doch ist diese Anpassung eine weniger ausschließliche und dadurch eine weniger leistungsfähige, als die der Flossen; dafür können diese Schwimmfüße auch noch zum Laufen auf dem Lande dienen. Der letzteren Bewegung sind die Extremitäten der meisten Säugetiere angepaßt; und wenn ein Hund oder ein Mensch auch noch schwimmen können, so geschieht das nur als Notbehelf. Überaus mannigfaltig sind die Anpassungen an das Fliegen, von den Flughäuten der

Digitized by Google

Fledermaus bis zu den Flügeln der Vögel, Schmetterlinge und Käfer.

Es sei ferner erinnert an die Sinneswerkzeuge der Tiere, an das Auge, das Ohr, die Nase, die Zunge, die Tastkörperchen. Vollendete Anpassungen an ihre Funktionen. Im ganzen Aufbau des Tierkörpers gibt sich eine Anpassung zur Erleichterung des Aufsuchens und Ergreifens der Nahrung zu erkennen. Ich gehe etwas näher darauf ein.

Die schwimmenden, fliegenden und laufenden Tiere bedürfen der Bewegung und ausgezeichneter Bewegungsorgane für ihre Ernährung. Denn ihre Nahrung besteht in Pflanzen oder in anderen Tieren, die nicht zu ihnen kommen, sondern die sie aufsuchen und erjagen müssen. Dazu bedarf es aber nicht nur geschickter Gliedmaßen, sondern auch eines kompendiös gebauten Rumpfes, der sich leicht fortbewegen läßt. Der Aufbau dieses Rumpfes ist wiederum eine ungemein vollkommene Anpassung. Die Nahrung der Tiere besteht aus dem Sauerstoff der Luft, der zur Atmung dient, und aus Eiweis, Kohlenhydrat und Fett, das dem Körper anderer Organismen entzogen werden muß. Die Aufnahme dieser Nahrung in die Gewebe des Körpers kann nur mittelst ausgedehnter Saugflächen geschehen. Diese aufsaugenden Flächen liegen alle in der Leibeshöhle des Tieres dicht zusammengepackt, so daß dadurch die Beweglichkeit desselben wenig behindert wird; durch die Mundöffnung wird dann sowohl die Luft eingeführt, als auch die festen und flüssigen Speisen, denen die innere Oberfläche des Darmes die eigentlichen Nährstoffe entzieht. Diese Darmfläche ist sehr ausgedehnt, ebenso die gesamte innere Fläche der Lungenkammern, welche der Luft den so wichtigen Sauerstoff entnimmt. Der unbrauchbare Stickstoff wird an die Atmosphäre zurückgegeben; auch wird der im Darm seiner Nährstoffe beraubte Rest des Speisebreis wieder ausgestoßen.

Der Aufbau der Pflanzen zeigt ein geradezu entgegengesetztes Prinzip in der Anordnung der Nahrung aufnehmenden Teile. Die Blättermasse eines Baumes besteht aus zahlreichen

Digitized by Google

papierdünnen Platten, die der Luft und dem Licht eine möglichst große Oberfläche darbieten. Mit diesen Flächen wird die gasförmige Nahrung aus der Luft aufgesaugt; dieselben können nach außen gekehrt sein, weil der Baum sich für seine Ernährung nicht zu bewegen braucht. Er ist festgewurzelt, weil seine Nährstoffe in der ganzen Umgebung zu finden sind. Darum kann er ohne Nachteil auch die aufsaugenden Flächen der Wurzeln nach außen wenden. Der ganze Erdboden entspricht den rohen Speisen, die das Tier in die Mundhöhle einführt, die Oberfläche der feineren Wurzelfasern der aufsaugenden Fläche des Darmes; denn die Wurzeln nehmen alle Mineralstoffe, deren die Pflanze bedarf, aus dem Boden. Somit ergibt sich in der verschiedenen Gestalt eines Baumes und eines Raubtiers nur eine verschiedene Anpassung der Nahrung aufsaugenden Organe an die besondere Lebensweise; die Form der Organismen ist von der letzteren beherrscht, durch Anpassung in deren Dienst gestellt.

Die Gestalt eines Baumes kommt aber nur zu stande durch eigentümliche Anpassung an die äußeren Lebensbedingungen, die sein Wachstum beeinflussen. Die aus dem Samen hervorgegangene Keimpflanze reagiert auf den Reiz der Schwerkraft in bemerkenswerter Weise. Die Schwerkraft bewirkt zunächst, daß die Achse dieser Keimpflanze sich in den Erdradius einstellt. Dann aber wird der Vegetationspunkt der Wurzel in der Richtung der Lotlinie vom Erdmittelpunkt angezogen, der Vegetationspunkt des Stengels auf gleicher Linie vom Erdmittelpunkt abgestoßen. Dies hat zur Folge, daß das gesamte Wurzelsystem des künftigen Baumes in den Erdboden eingesenkt wird, während der Stamm in die Luft emporsteigt. Dann beginnt aber eine Verzweigung der Wurzel wie des Stammes. Die ersten Seitenzweige sind auch noch reizbar gegenüber der Schwerkraft, doch anders als die Hauptachse. Die Seitenäste des Stammes werden durch die Schwerkraft veranlaßt, schräge aufwärts zu wachsen, die Seitenäste der Wurzel wachsen schräge abwärts. Verhielten

Digitized by Google

sich diese Achsen zweiter Ordnung der Achse erster Ordnung in ihrer geotropischen Reizbarkeit gleich, so würde die Hauptwurzel mit ihren Zweigen ein kompaktes, abwärts wachsendes Bündel bilden, der Stamm mit seinen Zweigen ein ebensolches aufrecht wachsendes Bündel; es könnte weder eine Baumkrone zu stande kommen, wie wir sie kennen, noch ein im Boden ausgebreitetes Wurzelsystem. Nun kommen noch die Achsen dritter und höherer Ordnung von Stengel und Wurzel in Betracht, und diese sind dem Einflusse der Schwerkraft gar nicht unterworfen; sie wachsen beliebig nach allen Richtungen. Dadurch breitet sich das feinere Geäst der Baumkrone derartig aus, daß die daran sitzenden Blätter die Luft und das Licht möglichst gut ausnützen können; die feineren Wurzeläste aber durchsetzen den Boden nach allen Richtungen und kommen so mit möglichst vielen Bodenteilen in Berührung. Dies geotropische Verhalten der Pflanze ist also auch eine Anpassung im Dienste der Ernährung. Der starke Geotropismus der Hauptachse war notwendig, um die Krone des Baumes emporzuheben und das Wurzelwerk in den Boden zu tauchen, wo es auch als Haftorgan des Baumes dient. Die Abschwächung und das Aufhören des Geotropismus in den Seitenachsen ist ebenso notwendig, um die erforderliche Ausbreitung der Verzweigungen zu ermöglichen.

Damit ist die geotropische Anpassung der Pflanze noch nicht abgeschlossen. Jeder Gartenliebhaber weiß, daß, wenn man von der Hauptachse eines jungen Baumes die Spitze wegschneidet, so daß deren Verlängerung dadurch unterdrückt wird, die Spitze der bis dahin schräge aufwärts gewachsenen obersten Seitenachse, zuweilen auch die Spitzen mehrerer Seitenachsen, sich aufrichten und vertikal weiterwachsen. Der starke Geotropismus ist also von der unterdrückten Hauptachse, wo er zunächst allein bestand, auf die Seitenachsen übergegangen. Der Baum besitzt in diesem merkwürdigen Anpassungsvermögen ein Mittel, die ihm aus der Verstümmelung drohenden Nachteile wieder auszugleichen. Es vermag also

Digitized by Google

die Pflanze durch eigenartige, von äußeren Kräften unterstützte und abhängige Bewegungen die für ihre Existenz günstigste Stellung und Gestalt anzunehmen.

Die gewaltige Flächenentwicklung der Laubblätter ist für die Pflanzen aber nur vorteilhaft, wenn sie in hinreichend feuchten Klimaten wachsen. Diese Flächenentwicklung wird zurückgedrängt bei Pflanzen dürrer Standorte und heißer, trockener Länder. Hier sehen wir Anpassungen auftreten, welche einer zu starken Wasserverdunstung der oberirdischen Teile vorbeugen. Schon viele Pflanzen der Mittelmeerländer zeigen derartige Anpassungen, indem sie binsenförmige Blätter oder nur grüne blattlose Stengel als Organe der Kohlensäure-Assimilation hervorbringen. In manchen Fällen werden die Blätter klein und schuppenartig, sie können durch dicke Wachsüberzüge oder durch Haarfilz gegen Verdunstung geschützt sein. Während bei uns die Laubblätter der Dikotylen im großen und ganzen horizontal stehen, zeigen sie in der neuholländischen Flora die Neigung, sich vertikal zu stellen. In Neuholland scheint die Sonne heiß, und der Boden ist vielfach wasserarm; bei Vertikalstellung der assimilierenden Platten erhalten sie dort noch Licht genug, während diese Stellung einen gewissen Schutz gegen die verdampfende Wirkung der Sonnenstrahlen bietet. Gewöhnlich stehen bei solchen Pflanzen die Blätter der Keimlinge normal, und erst die späteren stellen sich vertikal. Junge Exemplare von Eukalyptus tragen horizontale Blattflächen; erst an älteren Zweigen erhalten dieselben eine vertikale Stellung durch Drehung des Blattstiels. Die Sämlinge mehrerer hunderte neuholländischer Spezies der Gattung Akazia besitzen gefiederte, horizontal stehende Blattspreiten. Werden die Pflanzen älter, so verkümmern die Blattspreiten, und die Blattstiele erweitern sich zu vertikal stehenden grünen Platten. Bei anderen Arten werden gar keine Laubblätter gebildet, dafür entwickelt der Stengel vertikal stehende, assimilierende Flügel.

Die schlagendsten Beispiele von Anpassungen an dürre

Digitized by Google

Standorte liefert aber die in den heißesten Ländern der Erde heimische Familie der kaktusartigen Gewächse. Der oberirdische Körper der Kakteen zeigt uns bald die Gestalt einer Melone, bald einer Säule, bald langer dreiseitiger Prismen; oder zylindrisch schlangenförmige, nicht selten auch flach gedrückte, gegliederte Formen. Alle diese Gebilde sind Stämme mit fleischigem Zellgewebe, denen die Blätter fehlen, und deren Masse daher von einer relativ kleinen Oberfläche umschlossen ist. Der assimilierende Apparat dieser Gewächse besteht in einer dünnen Lage chlorophyllhaltiger Zellen, welche den im übrigen aus farblosem Gewebe gebildeten Stamm überzieht. Im Typus der Kakteen tritt uns somit eine Vermeidung der Oberflächenentfaltung entgegen, wodurch einer nachteiligen Wasserverdunstung vorgebeugt wird. Andererseits ergibt sich aus dieser Einschränkung des assimilierenden Areals aber auch die unvermeidliche Konsequenz, daß diese Gewächse sich weniger intensiv ernähren und langsamer wachsen, als andere Pflanzen, die in ihren Blättern einen ausgedehnteren Ernährungsapparat besitzen.

In diesen Anpassungen haben die klimatischen Einflüsse eines Landes den Formen der Pflanzen in einer Weise sich aufgeprägt, welche man der Prägung des Siegellacks durch ein Petschaft vergleichen könnte.

Grüne Blätter fehlen auch solchen Pflanzen, denen Feuchtigkeit genügend zu Gebote steht, die aber ihre Kohlenstoffverbindungen auf andere Weise erwerben, als der Regel entspricht.

Der Hanfwürger (Orobanche ramosa) ist ein zu den Dikotylen gehöriger Parasit, welcher sich von den Säften der Hanfstaude ernährt. Man sieht die ein bis drei Dezimeter hohen Schößlinge der Pflanze in dichten Gruppen unmittelbar neben den Hanfstengeln aus der Erde hervorsprossen. Der Parasit trägt am unteren Ende seines Stengels kurze, büschelförmige Wurzeln, die an vielen Stellen mit den längeren Wurzeln des Hanfes verwachsen sind. An diesen

Digitized by Google

Verwachsungsstellen findet eine Aussaugung des Hanfes durch den Parasiten statt, so daß derselbe sich ernährt, wie ein pflanzenfressendes Tier. Bei dieser Sachlage braucht die Orobanche keine Kohlensäure zu assimilieren, sie bedarf daher der grünen Blätter nicht; und ihre chlorophyllosen Sprosse tragen nur farblose Schuppen, Blüten und Früchte. Die grünen Blätter des Hanfes assimilieren auch für den Parasiten.

Ebenso verhält sich die Flachsseide (Cuscuta Epilinum), die den Stengel der Leinpflanze umwindet und an ihm emporwächst. Auch dieser Parasit entbehrt der Laubblätter und des Chlorophylls, er bohrt kurze Saugwurzeln in das Gewebe der Wirtpflanze hinein und läßt sich von dieser ernähren.

In den letzteren beiden Fällen hat die Anpassung insofern einen negativen Charakter, als die Laubblätter nicht entwickelt werden, weil sie überflüssig sind; die Wurzeln hingegen zeigen positive Anpassung, weil sie zu eigentümlichen Saugorganen umgebildet sind.

Besonders reich an positiven Anpassungserscheinungen ist die auf ganz verschiedene Familien sich verteilende Gruppe der insektenfressenden Pflanzen. Der Sonnentau und die Fliegenfalle wurden schon im Kapitel 19 erwähnt. Sie zeigen Anpassungen sowohl an das Fangen von Insekten, wie auch an deren Verdauung. Einer der merkwürdigsten hierher gehörigen Typen ist die tropenbewohnende Gattung der Kannenträger (Nepenthes), deren Blattspitze sich in einen geöffneten Deckelkrug umbildet, in den kleine Tiere hineinfallen, um dann von einer im unteren Teile des Kruges ausgeschiedenen, dem tierischen Magensaft ähnlich zusammengesetzten Flüssigkeit verdaut zu werden. Wieder anders sind die Anpassungen des Wasserschlauchs (Utricularia) und des Fettkrauts (Pinguicula) an das Insektenfangen.

Die gewöhnlichen Laubblätter der Pflanzen, z. B. einer Linde, einer Roßkastanie, einer Esche, haben wir als Anpassungen an die Kohlensäure-Assimilation im Licht anzusehen, weil ihre im Verhältnis zur Masse so große Oberfläche die

Digitized by Google

ausgiebigste Berührung mit der Luft gewährt und das Licht am vorteilhaftesten ausnutzt. Die drei angezogenen Beispiele zeigen aber auch, daß die Ausgestaltung der Blätter bei Wahrung des Prinzips großer Flächenentfaltung im einzelnen Falle eine sehr verschiedene sein kann, ohne daß die eine Form besser wäre, mehr leistete, als die andere. So spielt die Mannigfaltigkeit der Formen überall in die Anpassung hinein.

Für die Mehrzahl der Pflanzenformen lassen sich Anpassungen nachweisen; d. h. es läßt sich zeigen, warum die Gestalt des betreffenden Organs gerade so, wie sie ist, für ihre Verrichtung sich besonders eignet. In manchen Fällen ist die Anpassung aber nicht erkennbar, wie in der verschiedenen Gestalt so vieler Laubblätter; in der Tatsache, daß so viele Dikotylen fünf, so viele Monokotylen sechs Staubfäden besitzen. Dann spricht man von morphologischen Merkmalen im Gegensatze zu Anpassungsmerkmalen.

Die merkwürdigsten aller Anpassungen sind wohl die Doppelanpassungen, durch welche zwei verschiedene Organismen einander wechselseitig in ihren Lebensverrichtungen unterstützen. Eine große Zahl dahin gehöriger Erscheinungen zeigt die gegenseitige Anpassung der Blumen und der Insekten.

Es würde zu weit führen, wollte ich diese wichtigen Anpassungen an der Hand von Beispielen hier eingehender schildern, und muß auf die betreffenden Abschnitte der botanischen Handbücher hingewiesen werden. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß die farbigen Blumenkronen der Monokotylen und Dikotylen durchweg eine Anpassung an die Insektenbestäubung sind, durch welche die Selbstbefruchtung gehindert und die Befruchtung durch fremde Pollen herbeigeführt wird. Die allerverschiedensten mechanischen Apparate werden hierfür in den Blumen hervorgebracht, die großenteils zu der die Bestäubung vollziehenden Insektenart in Beziehung stehen.

Nur auf eine der hierbei sich geltend machenden Wechselbeziehungen möge noch hingewiesen sein. Die Insektenbestäubung wird bedingt durch gewisse Formverhältnisse der

Digitized by Google

Blumen; dann aber auch dadurch, daß die betreffenden Blumen Honig absondern, und daß der Pollen klebrig ist. Das sind drei Anpassungen, die immer Hand in Hand gehen, und die man von den einfachen als komplexe Anpassungen unterscheiden kann. Denn alle Pflanzen, welche auf Windbestäubung eingerichtet sind, entbehren der farbigen Blumenkronen; sie sondern keinen Honig ab und werden darum auch nicht von Insekten besucht; endlich ist der Pollen trocken, so daß er leicht im Winde verstäubt.

Die Absonderung von Honig ist also auch eine Anpassungseinrichtung, welche dem Zustandekommen der Befruchtung dient. Sie zeigt, daß die Anpassung nicht immer in der besonderen Gestalt eines Organs zu bestehen braucht, sondern auch in chemischer Produktion sich zu äußern vermag. Sofern Farbe und Duft der Blumenkronen gleichfalls der Anlockung von Insekten dienen, sind auch sie Anpassungsmerkmale, welche durch chemische Erzeugnisse des Stoffwechsels hervorgebracht werden.

Wir ersehen aus diesem Beispiele, wie auch schon aus dem früher erwähnten des Geotropismus und der Bereitung von Verdauungsfermenten in den Blättern der Insektivoren, daß eine Anpassung ebensogut physiologischer wie morphologischer Art sein kann, daß sie nicht bloß im Bau der Organe und Gewebe, sondern auch in den Funktionen zu Tage treten kann. Die großartigste Anpassung von allen ist wohl die, daß die Pflanzen nicht nur für sich organische Substanz bilden, sondern sie in einem so großen Überschusse bereiten, daß die gesamte Tierwelt auch noch davon zu leben vermag.

Physiologische Anpassungen zeigt auch der tierische Körper in großer Zahl. Der Hunger gehört dahin, die Erregung der Nervenzentren durch das andere Geschlecht. Auch der Zusammensetzung der Atmosphäre ist unser Körper angepaßt, insofern das Atmen in reinem Sauerstoff nachteilig wirkt. Unzweifelhaft ist unser Gehirn dem Denken angepaßt, wenn sich dies auch nicht anatomisch nachweisen läßt; es ist jedoch

Digitized by Google

der Vorstellung mancher Objekte nur in beschränkter Weise angepaßt, so z. B. der Raumvorstellung, da wir uns den Raum weder begrenzt noch unbegrenzt denken können. Auch im Fliegen und Schwimmen der Tiere erblicken wir physiologische Anpassungen an die Ernährung neben den morphologischen Anpassungen der betreffenden Organe an jene Arten der Fortbewegung.

Zu den Anpassungen gehören auch die Instinkte der Tiere. Wenn die Spinne in ihrem Netze ein Kunstwerk schafft, für dessen Herstellung sie die Befähigung nicht gelernt, sondern ererbt hat, so ist das eine ähnliche Tatsache, als wenn im Wachstumsprozesse des Fischembryos sich Flossen und Kiemen als Anpassungen an das Wasserleben bilden, ohne daß die Intelligenz und der Wille des Tieres das geringste damit zu tun haben. Die Triebe und Instinkte sind psychische Anpassungen.

So verstehen wir denn unter Anpassung die vorteilhaft wirkende Reaktion des Organismus gegenüber der Außenwelt sowohl in seiner Gestaltung wie auch in seinen Verrichtungen. Der Organisation der Pflanzen und Tiere sind zahlreiche Probleme gestellt, von denen einige an Beispielen erläutert wurden. Daß diese Probleme mit angemessenen Mitteln gelöst wurden, ist Anpassung.

Digitized by Google

Kapitel 22.

Ziele und Zwecke in der belebten Natur.

In allen Anpassungen menschlicher Werkzeuge an die damit auszuführenden Arbeiten, wie auch der Organismen an ihre Verrichtungen, verkörpern sich Ziele und Zwecke. In den Pflanzen und Tieren treten sie so augenfällig hervor, daß die Zweckmäßigkeitsfrage im Mittelpunkt jeder Erörterung des Wesens des Lebens steht. Die Flossen des Fisches, die Flügel des Käfers sind nicht nur Anpassungen, sondern auch überaus zweckmäßige Anpassungen an die Lebensbedingungen dieser Tiere.

Karl Ernst von Baer hat auf den Unterschied der Begriffe Ziel und Zweck hingewiesen und dem Worte zweckmäßig das von ihm gebildete Wort zielstrebig an die Seite gestellt. Er definiert folgendermaßen*): „Zweck ist eine gewollte Aufgabe, Ziel eine gegebene Richtung des Wirkens: Zweck ist ein Ausfluß der Freiheit, Ziel ein vorgeschriebener Erfolg, der auch durch Notwendigkeit erreicht werden kann."

Es ist mir zweifelhaft, ob K. E. von Baer in dieser Definition den ganzen Sinn jener Worte erschöpft hat. Mir scheint sowohl bei Maschinen wie bei Organismen die Zielstrebigkeit besonders in der Entwicklung, die Zweckmäßigkeit besonders am fertigen Objekt hervorzutreten. Die Entwicklung der Flügel eines Sperlings ist ein zielstrebiger Vorgang; zweckmäßig wirken diese Flügel, nachdem sie fertig geworden

*) Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften S. 180.

Digitized by Google

sind. Um ein Hufeisen zu formen, bedarf es vieler wohlgezielter Hiebe mit dem Schmiedehammer; zweckmäßig ist das Ding aber erst, nachdem es dem Hufe des Tieres genau angepaßt worden ist.

Wir können sagen, daß in jedem großen Organismus, z. B. in einem Frosch, einem Schachtelhalm oder einem Apfelbaume ein einheitliches Ziel angestrebt ist, zugleich aber auch Zwecke verwirklicht werden. Ein solcher Baum geht aus zahllosen selbständigen Zellteilungen hervor, die alle zielstrebig auf die Vollendung der durch die Erblichkeit vorgezeichneten Gestalt gerichtet sind, dann aber noch weitersorgen für die Erhaltung des Individuums und der Art. In dem Ziele, dem alle diese Wachstumsbewegungen zustreben, handelt es sich um Beziehungen auf etwas Zukünftiges, das werden soll. Die beiden Ziele der Selbstbildung des Organismus und der Erhaltung der Art werden mit den Mitteln der allgemeinen Naturkräfte im Rahmen der Kausalität verfolgt; sie werden aber nur verwirklicht, weil die durch das Wachstum hervorgebrachten Vegetationspunkte, Gewebe, Wurzeln, Blätter, Blumen u. s. w. zweckmäßig funktionieren. So greifen Zielstrebigkeit und Zweckmäßigkeit vielfach ineinander.

Die überwiegende Mehrzahl der Bewegungsvorgänge, auf denen das Leben beruht, sind Zielbewegungen. Dieselben brauchen keineswegs immer auf ein Ziel zu konvergieren, sondern sie können auch auseinanderlaufen und sich kreuzen. Man denke nur an die Atmung und die Assimilation der Pflanzen, an die Speicherung und die Lösung der Reservestoffe. Aber das einheitliche Ziel der Entwicklung wird doch nur mit Hilfe aller dieser Bewegungen erreicht, und das wäre unmöglich, wenn jede für sich nicht zweckmäßig wirkte. Es steckt Zweckmäßigkeit in diesen Bewegungen, wie in denen einer wohlgeordneten Maschine. Somit ist nicht nur die Struktur der Organismen, sondern sind auch die durch diese Struktur bedingten Bewegungen und Funktionen als zweckmäßig anzuerkennen. Ist der Zweck zu verkennen, wenn vor

Digitized by Google

der Geburt die Brüste einer Mutter sich mit Milch füllen, weil das Kind keine andere Nahrung verträgt?

Die Zweckmäßigkeit geht aber auch durch die ganze Entwicklung hindurch, so daß in dieser Beziehung jede Entwicklungsstufe ein fertiges Gebilde im obigen Sinne — ich denke an das Hufeisen — darstellt. Jede neue Entwicklungsstufe zeigt uns die Nachwirkung der Zweckmäßigkeit der vorhergegangenen. Darum muß auch das Ei bereits ein zweckmäßig organisiertes Gebilde sein. Wohin wir den Blick wenden in der lebenden Natur, sehen wir Zwecke durch die Organisation verkörpert. Wer könnte sie leugnen? Es ist sicher nicht nur richtig, sondern auch wissenschaftlich, zu sagen: die Lunge dient zum Atmen, das Auge zum Sehen, das Ohr zum Hören, die Zähne zum Beißen, die Flügel der Schmetterlinge zum Fliegen. Für die Blätter, die Wurzeln, die Blüten der Pflanzen liegt der Zweck in gleicher Weise auf der Hand. Wer wollte in Abrede stellen, daß die Zweckmäßigkeit in diesen Organen der Tiere und Pflanzen ebenso klar hervortritt, wie in den einzelnen Teilen einer Taschenuhr?

Die Biologie ist so ganz durchdrungen von der Zweckmäßigkeit der lebenden Natur, daß wir das Zweckmäßige in der Einrichtung eines Organismus fast für etwas Selbstverständliches halten. Treffen wir auf etwas Unzweckmäßiges, so erscheint uns dies als eine Ausnahme, als etwas Sonderbares, so daß wir den geheimen Verdacht hegen, der Zweck werde uns nur noch nicht klar geworden sein. Treffend sagt Helmholtz*):

„Die in der Tat ganz wunderbare und vor der wachsenden Wissenschaft immer reicher sich entfaltende Zweckmäßigkeit im Aufbau und in den Verrichtungen der lebenden Wesen war wohl das Hauptmotiv gewesen, welches zur Vergleichung der Lebensvorgänge mit den Handlungen eines seelenartig wirkenden Prinzips herausforderte. Wir kennen in der ganzen uns umgebenden Welt nur eine einzige Reihe von Erscheinungen, die einen ähnlichen Charakter

*) Populäre wissenschaftliche Vorträge II. S. 201.

Digitized by Google

zeigen, das sind die Werke und Handlungen eines intelligenten Menschen, und wir müssen anerkennen, daß in unendlich vielen Fällen die organische Zweckmäßigkeit den Fähigkeiten der menschlichen Intelligenz so außerordentlich überlegen erscheint, daß man ihr eher einen höheren als einen niederen Charakter zuzuschreiben geneigt sein möchte."

Es wurde eingeräumt, daß uns vereinzelte Einrichtungen der Organismen unzweckmäßig vorkommen. Kann durch solche Ausnahme das Prinzip der Zweckmäßigkeit im Aufbau der Tiere und Pflanzen in Frage gestellt werden? Ich sage nein! Auch in vielen vom Menschen konstruierten Maschinen hat sich Unzweckmäßiges gezeigt; in manchen Fällen hat es sich durch Zweckmäßiges ersetzen lassen, in anderen ist dies nicht gelungen. Kann das einen Einfluß auf unser Gesamturteil ausüben, wonach wir die Maschinen für zweckmäßig wirkende Gebilde halten? Gewiß nicht. — Es wird nützlich sein, ein paar auffallende Beispiele von unzweckmäßigen Eigenschaften an Tieren hervorzuheben.

Das erste dieser Beispiele ist der wurmförmige Anhang des Blinddarms des Menschen. Einen Zweck desselben vermag die Physiologie nicht zu erkennen, dagegen hat das unscheinbare Organ manchem schwere Krankheit und den Tod eingetragen, wenn ein Fremdkörper hineingeriet und Entzündung hervorrief. Man könnte einwenden, daß wir den physiologischen Zweck jenes Fortsatzes bisher nur noch nicht kennen, wie man bis vor wenig Jahren auch die Bedeutung der Milz noch nicht kannte, wie man die Schilddrüse für ein überflüssiges Organ hielt, während wir jetzt wissen, daß der Besitz dieser Drüse für den Körper von Wichtigkeit ist. Wahrscheinlich ist aber jener Fortsatz nur ein rudimentäres Organ und daher physiologisch bedeutungslos.

Ein anderer Fall ist das Flohgift. Der Floh lebt als Parasit auf dem Körper von Säugetieren und Menschen. Das Gift, das er in die durch seinen Stich verursachte Wunde einfließen läßt, verursacht augenblicklich eine schmerzhafte Ent-

Digitized by Google

zündung. Durch die Reaktion seines Wirts wird dieser Schmerz gewöhnlich zur Todesursache des Flohs, das Gift ist also für den Parasiten unzweckmäßig und schädlich. Offenbar wäre es für den Floh nützlicher, wenn sein Stich schmerzlos wäre; er würde dann sicher weniger leicht gefangen und hätte größere Chance sich auszubreiten. Auch ist für die besondere auf Menschen lebende Art nicht der geringste Zweck des Giftes zu erkennen. Unter dem Gesichtspunkt der sonstigen Zweckmäßigkeit der Organismen würden wir das Flohgift vielleicht so verstehen können, daß der Floh von einer anderen Tierform abstammt, für welche die Bereitung des Giftes zweckmäßig war, sei es um kleine, durch den Stich getroffene Tiere zu töten, sei es um in Pflanzenblättern Entzündungswucherungen hervorzurufen, in denen seine Larven sich entwickelten. Wenn der heutige Floh von einem solchen Tiere abstammt, so würde man schließen müssen, seine Reproduktionsfähigkeit sei eine so große, daß trotz seines nunmehr unzweckmäßig wirkenden Giftes es nicht möglich gewesen ist, ihn auszurotten.

Lassen wir die Ausnahmen beiseite, so bildet die zweckmäßige Struktur einen wesentlichen Unterschied zwischen der belebten und der unbelebten Natur. Wir sehen dabei ab von den leblosen aber zweckmäßig arbeitenden Kunstwerken des Menschen und den zweckmäßigen Erzeugnissen der Tiere, dem Netz der Spinne, dem Nest der Wespe u. s. w. Irgend eine Zweckmäßigkeit, eine zwecktätige Struktur, wie die Maschinen sie besitzen, vermag ich auf dem Gebiete der leblosen Natur nicht anzuerkennen. Das Wasser ist eine notwendige Bedingung für die Existenz von Fischen, Krebsen, Quallen u. s. w., allein zu sagen, es sei zweckmäßig eingerichtet für das Leben dieser Tiere, wäre verfehlt. Obgleich ohne die Eigenschaften der Luft, wie sie einmal sind, Pflanzen und Tiere nicht leben könnten, so ist doch die Luft nur Lebensbedingung, sie verkörpert aber keinen Zweck; von einem Zweck der Luft, das Leben der Tiere zu unterhalten, kann keine

Digitized by Google

Rede sein. Hier scheidet sich die berechtigte Teleologie von der unberechtigten.

Indem wir für die anorganische Natur lediglich Kausalwirkungen, für die belebte Natur neben den Kausalwirkungen auch Zwecke und Ziele anerkennen, sind wir genötigt, die zwischen Kausalbegriff und Zweckbegriff obwaltenden Beziehungen noch etwas schärfer ins Auge zu fassen.

Jeder teleologische Zusammenhang von Vorgängen hat einen kausalen zur Voraussetzung. Wenn jemand eine Anklageschrift drucken läßt, so hat dieselbe einen Zweck und verfolgt ein Ziel; aber sie ist kausal bedingt durch eine Menge von Umständen, durch die Handlungsweise des Angeschuldigten, durch den Gedankengang des Anklägers, durch dessen Muskelbewegungen bei Abfassung des Manuskripts, durch die Tätigkeit des Setzers, des Schriftgießers. Wenn wir die Entwicklung des Hühnchens im Ei verfolgen, so ist das ein zielstrebiger, in der Bildung jedes einzelnen Organs zweckmäßig wirkender Vorgang; und doch ist jeder Entwicklungsschritt kausal bedingt durch eine Reihe mechanischer und chemischer Vorgänge, ohne welche die zweckmäßige Entwicklung niemals zustande kommen würde. Es wäre ein Fehler, in diesen mechanischen Vorgängen etwas anderes zu sehen, als Mittel zur Verwirklichung des Zwecks, ein Hühnchen zu gestalten; und wenn es für den Physiologen auch stets eine dankbare Aufgabe ist, der kausalen Grundlage der Zweckbeziehungen nachzuforschen, so hieße es doch den Wald vor Bäumen nicht sehen, wollte man Ziel und Zweckmäßigkeit des Entwicklungsvorganges über der Fülle der Kausalbeziehungen verkennen. Denn mit der rein kausalen Betrachtung reichen wir für das Studium der Entwicklung eines Organismus nicht aus; wesentliche Seiten der Erscheinung bleiben dabei unberücksichtigt.

Der Unterschied zwischen einem Naturforscher, der in den Pflanzen und Tieren nur kausale Beziehung anzuerkennen vermag und einem solchen, der neben denselben auch die Zweckmäßigkeit nicht übersieht, scheint mir vergleichbar der ver-

Digitized by Google

schiedenen Richtung zweier Menschen, von denen der eine sich nur für die Leinwand und die auf dieselbe aufgetragenen Farbensorten eines Ölgemäldes interessiert, während der andere auch Sinn für das Gemälde selbst und die in demselben zum Ausdruck gelangende künstlerische Idee besitzt. Dem ersteren bleibt der wesentliche, der geistige Inhalt des Bildes verborgen hinter den grobsinnigen Mitteln seiner Darstellung. Sein Interesse an einem Gedicht würde auch vielleicht erschöpft sein, wenn er die Buchstaben desselben gezählt und die Worte einzeln gelesen hat, durch welche der Dichter es aufbaute; findet er einen Druckfehler darin, so ist er glücklich, den kausal wirkenden Kräften eine Verfehlung nachgewiesen zu haben.

So kommen wir dahin, einen und denselben Gegenstand, z. B. eine Flinte oder einen Vogel, kausal und teleologisch zu begreifen. Dabei ist es nützlich für die Naturforschung und in vielen Fällen empfehlenswert, mit der Kausalerklärung zu beginnen, und erst wo diese nicht ausreicht, die teleologische Erklärung einsetzen zu lassen. Der Kausalforscher kann doch nur beschreiben; das tut der Teleologe auch, nur sein Standpunkt ist ein anderer; darum ist die Teleologie ebensogut Objekt der Forschung wie die Kausalität, und dieser gleichberechtigt. Nichts aber ist verfehlter als die Behauptung, daß es auch in der belebten Natur keine Zweckmäßigkeit, sondern nur Notwendigkeit gebe.

Auch Schopenhauer hat an verschiedenen Stellen seiner Werke keinen Zweifel gelassen, daß er zur Erforschung der Organismen die teleologische Erklärung der kausalen für gleichberechtigt hält. So sagt er in: „Die Welt als Wille und Vorstellung" II. S. 375 (zitiert bei Krönig, l. c. S. 418) folgendes:

„Der ausgesprochenen Beschaffenheit organischer Wesen zufolge ist die Teleologie, als Voraussetzung der Zweckmäßigkeit jedes Teils, ein vollkommen sicherer Leitfaden bei Betrachtung der gesamten organischen Natur. Deshalb muß alles an einem Tiere zweckmäßig sein: daher sind die Endursachen (causae finales) der Leitfaden

Digitized by Google

zum Verständnis der organischen Natur, wie die wirkenden Ursachen (causae efficientes) zu dem der unorganischen. Hierauf beruht es, daß, wenn wir in der Anatomie oder Zoologie den Zweck eines vorhandenen Teiles nicht finden können, unser Verstand daran einen Anstoß nimmt, der dem ähnlich ist, welchen in der Physik eine Wirkung, deren Ursache verborgen bleibt, geben muß: und wie diese, so setzen wir auch jenen als notwendig voraus, fahren daher fort, ihn zu suchen, so oft dies auch schon vergeblich geschehen sein mag. Das ist z. B. der Fall mit der Milz."

Die Zwecke, welche uns in der Organisation der lebendigen Wesen entgegentreten, werden verwirklicht mit physikalischen und chemischen Mitteln. Da sich in der Kausalerklärung nur diese Mittel unmittelbar nachweisen lassen, so ist jene irrige Anschauung entstanden, daß die „mechanischen" Mittel allein es sind, deren Feststellung Berechtigung besitze. Zweckmäßigkeit und Naturnotwendigkeit sollen sich ausschließen.

Dies wäre einfach ein Denkfehler, denn Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit sind keineswegs unversöhnliche Gegensätze. Ein Schuh, eine Taschenuhr, werden auch mit mechanischen Mitteln, durch „Notwendigkeiten" hervorgebracht; wer aber wollte behaupten, daß der Schuh selbst und die Uhr selbst mechanische Notwendigkeiten sind?

Bei Maschinen gelangt wohl der höchste Grad von Zweckmäßigkeit zum Ausdruck in den Selbstregulierungen, die in ihnen angebracht werden, wie z. B. im Sicherheitsventil einer Dampfmaschine. Und wenn es gelingt, solche Selbstregulatoren auch in den Pflanzen und Tieren nachzuweisen, so läßt sich nur das gleiche daraus folgern, nämlich ein besonders hoher Grad von Zweckmäßigkeit, nicht aber umgekehrt, daß hiermit die „rein" mechanische Wechselwirkung der Teile erwiesen sei, und man von Zwecken nicht mehr zu sprechen brauche. Gerade der Umstand, daß die Entwicklung eines Tieres oder einer Pflanze als eine durch die Wechselwirkung der Teile bedingte Notwendigkeit erscheint, ist der Gipfel der Zweckmäßigkeit in ihrer Bildung.

Es sei das folgende Beispiel angeführt. Die Schale

Digitized by Google

einer Kartoffelknolle ist eine Schicht von elastischem Kork, durch welche die zarten Gewebe der Knolle gegen nachteilige Einflüsse verschiedener Art geschützt werden. Normal wird diese Korkschale nur an der Oberfläche der Knolle erzeugt, niemals aber im Innern; jenes genügt für das Lebensbedürfnis der Knolle, auch würde Korkbildung im Innern nur nachteilig wirken. Wenn man indessen mit dem Messer ein Stück von einer jüngeren Knolle wegschneidet, so bildet sich auf der Schnittfläche alsbald wieder eine Korkschicht aus, die einen hermetischen Verschluß der Wunde bewirkt. Dieser Wundkork ist also aus Zellen entstanden, die ohne Eintritt der Verletzung niemals Kork gebildet haben würden, die Verwundung ist somit Ursache dieser Neubildung; sie hat auf die inneren Zellen einen Reiz ausgeübt, welcher dieselben dadurch, daß er sie zu Oberflächenzellen umwandelte, auch veranlaßte, Kork abzuscheiden. Es enthüllt sich in diesem Vorgange zugleich aber auch die Tatsache, daß ein neu auftretendes Bedürfnis des Pflanzenteils — das Bedürfnis nach Verschluß der Wunde — zugleich zur Ursache der Befriedigung dieses Bedürfnisses wurde. Die Bildung des Wundkorks ist also ein Vorgang der Selbstregulierung einer wichtigen, durch den äußeren Eingriff gestörten Lebensbedingung der Knolle. Wollte man nun über die beiden auf der Hand liegenden Kausalverknüpfungen jenes Prozesses des Wundverschlusses nicht hinausblicken, so würde die wichtigste Seite der ganzen Erscheinung uns verborgen bleiben, nämlich die Zweckmäßigkeit jener Selbstregulierung der eingetretenen Störung nach Maßgabe des Bedürfnisses. Aus sich selbst heraus hat die Pflanze die erlittene Beschädigung wieder ausgeglichen; eine Funktion, welche hinsichtlich der Zweckmäßigkeit hinter derjenigen des Sicherheitsventils am Dampfkessel nicht zurücksteht, und die sich bei jeder neuen Verletzung mit vollendeter Sicherheit wiederholt.

Als klassischer Zeuge für die Verwirklichung von Zwecken in der belebten Natur mag noch Darwin angeführt werden,

Digitized by Google

weil seine ganze Selektionslehre darauf hinausläuft, das Zustandekommen dieser Zwecke zu erklären.

Daß es ein Irrtum ist, die Realität der Zweckmäßigkeit in der organischen Natur zu leugnen und sie nur für eine menschliche Anschauung zu erklären, welche die Zwecke erst in die Natur hineinträgt, wurde schon in Kap. 8. hervorgehoben. Denn was könnte uns hindern, sie dann auch in die anorganische Natur hineinzutragen, oder überhaupt in Verhältnisse, wo sie nicht hingehören; wie z. B. jener Schulmeister, von dem Baer erzählt, der es für überaus zweckmäßig erklärte, daß die großen Flüsse gerade dorthin geleitet wären, wo die großen Städte liegen. Wäre es richtig, daß nur der reflektierende Verstand des Menschen die Zweckmäßigkeit in die Natur hineininterpretierte, so müßten ja Pflanzen und Tiere aufhören, zweckmäßig zu sein, wenn man alle Menschen totschlüge, und ein gleiches möchte dann vielleicht auch von der Zweckmäßigkeit der Maschinen zu gelten haben. Aber wenn wir eine Maschinenausstellung betreten und die Bedeutung der Maschinen enträtseln, wenn wir erkennen, daß jede derselben zweckmäßig eingerichtet ist, jeder Teil wie das Ganze, so tragen wir gewiß keine Zwecke in sie hinein, sondern wir lesen sie aus ihnen heraus. Gerade so verfahren wir beim Studium der Organismen. Wenn wir im Tierkörper eine zweckmäßige Verkettung zweckmäßig wirkender Organe finden, wie Augen, Gebiß, Lunge, Darm, Beine, Muskeln, Skelett u. s. w., so wird ein hoher Grad von Befangenheit dazu gehören, um zu befürchten, daß dies alles nicht wirklich sei und nicht zweckmäßig wirke, sondern daß wir uns diese kompliziert zusammenwirkende Zweckmäßigkeit nur einbilden.

Wer da meint, die Zweckmäßigkeit würde vom Menschen in die Welt der Pflanzen und Tiere hineingedichtet, könnte mit demselben Recht ein Gleiches von jedem Naturgesetze behaupten, und in gewissem Sinne ist die Zweckmäßigkeit der Organismen ein Naturgesetz.

Digitized by Google

Endlich kommen wir zu der letzten Frage: ist die Zweckmäßigkeit der Organismen eine lediglich immanente? Erzeugt sie sich durch den Lebensprozeß der Pflanzen und Tiere selbst, oder ist sie von außen in diesen hineingelegt worden, ist sie transcendent, um ein für solche Beziehung geeignetes Fremdwort zu gebrauchen.

In jeder Maschine haben wir es mit einer immanenten Zweckmäßigkeit zu tun, die sich in ihren Arbeiten äußert, solange sie in Betrieb gesetzt ist und es ihr an Zufuhr von Energie nicht fehlt. Jede Maschine und jeder andere zweckmäßige, durch menschliche Tätigkeit hervorgebrachte Apparat, z. B. eine Zange, ein Schuh, ein Knopf, ist ein geschlossenes materielles System, welches einen immanenten Zweck enthält. Dieser Zweck ist aber transcendent in den Apparat hineingelegt worden vom Verfertiger, z. B. in den Knopf. Sobald der Knopf in Wirksamkeit tritt, übt sein immanenter Zweck wieder einen transcendenten Einfluß nach außen. Sein Zweck ist demnach nicht nur immanent, sondern auch passiv (rezeptiv) und aktiv (produktiv) transcendent. Zugleich läßt der Zweck eines solchen Apparates auf eine Absicht des Verfertigers schließen, die durch sein Werk verwirklicht wurde.

Auf eine Absicht des Erbauers können wir aus der Tätigkeit jeder Maschine schließen, und es wäre verfehlt, wenn wir annehmen wollten, ein Gasmotor oder eine Dynamomaschine sei ohne solche Absicht entstanden. Es gibt keine Maschine in der Welt, mag sie noch so einfach oder noch so verwickelt sein, der nicht menschliche Absicht zu grunde läge. Das ist aber nur ein Spezialfall der Tatsache, daß wir aus jedem Zwecke, den wir erkennen, eine dem Zwecke zu grunde liegende Absicht folgern müssen.

Wenn wir diese Gesichtspunkte auf die Untersuchung der Organismen anwenden, so ergibt sich wiederum eine weitgehende Analogie zu den Kunstwerken des Menschen. In jedem Organ eines Tieres, einer Pflanze läßt sich ein immanenter Zweck nachweisen. Insofern dieser Zweck sich auf

Digitized by Google

die Unterhaltung des Lebens des ganzen Individuums richtet und auf die Erhaltung der Art, wird er auch aktiv transcendent. Die große Hauptfrage ist die, ob wir diese Zweckmäßigkeit der lebendigen Wesen auch für passiv transcendent halten müssen, d. h. von außen her der organischen Natur eingepflanzt.

Ist letzteres nicht der Fall, so muß die immanente Zweckmäßigkeit der Organismen in ihnen selbst durch den Lebensprozeß entstanden sein, weil wir die Zweckmäßigkeit unmöglich zu den allgemeinen Attributen der Materie rechnen können. Sofern die zweckmäßigen Organe — die Flossen, die Flügel, die Lungen, die Kiemen; die Blätter, Wurzeln und Blüten — sich aus dem Ei entwickelt haben, sind auch ihre immanenten Zwecke zweifellos mit ihnen entstanden und gewachsen. Allein im Ei war der erste Impuls zu solcher Entwicklung gegeben, und dieser Impuls wirkte transcendent auf die nächste Embryonalstufe ein und so weiter in einer stetigen Kette, bis das Organ fertig war; das Ei aber hat seine zweckmäßig wirkenden Impulse vom Mutterorganismus ererbt, dieser von seinen Vorfahren. Daher fällt die Frage nach der passiven Transcendenz der Zwecke in den Organismen mit der Frage nach der Herkunft der Organismen zusammen. Auf letztere kann erst später eingegangen werden. Allein wenn wir uns die allgemeine Bedeutung des Begriffes Zweck gegenwärtig halten, so wird jeder, welcher das Vorhandensein von Zwecken in der organischen Natur anerkennt, sich kaum der Notwendigkeit entziehen können, aus dem Vorhandensein solcher Zwecke auf eine denselben zu grunde liegende Absicht zu schließen.

Diese Folgerung ist von der Wissenschaft oft gezogen worden. Statt vieler sei nur ein Zeugnis herangezogen, dasjenige von Kant. Derselbe sagt in § 75 seiner Kritik der Urteilskraft*):

„Was beweiset nun aber am Ende auch die allervollständigste Teleologie? Nichts weiter, als das wir nach der Beschaffenheit

*) S. 284 der Reclam-Ausgabe.

Digitized by Google

unserer Erkenntnisvermögen, also in Verbindung der Erfahrung mit den obersten Prinzipien der Vernunft, uns schlechterdings keinen Begriff von der Möglichkeit einer solchen Welt machen können, als so, daß wir uns eine absichtlich-wirkende oberste Ursache derselben denken.

Es ist nämlich ganz gewiß, daß wir die organisierten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloß mechanischen Prinzipien der Natur nicht einmal zureichend kennen lernen, viel weniger uns erklären können, und zwar so gewiß, daß man dreist sagen kann, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, daß noch etwa dereinst ein Newton aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde; sondern man muß diese Einsicht den Menschen schlechterdings absprechen."

Unser Verstand zwingt uns also, nach diesem Urteil von Kant, wenn wir Zwecke in der Natur erkennen, auf eine planmäßige Absicht zu schließen, welche diesen Zwecken zu grunde liegt. Eine andere Naturforschung und eine andere Wissenschaft als eine solche, die den menschlichen Verstandeskräften entspricht, hat aber keinen Sinn und ist ein Unding. Wir können die Gültigkeit eines jeden, auch des kleinsten und greifbarsten Ergebnisses unserer Forschung immer nur in dem Sinne behaupten, daß bei der Beschaffenheit des menschlichen Verstandes diese Gültigkeit außer Zweifel steht. Zu welchen Konsequenzen die Erkenntnis nicht nur von Zwecken, sondern auch von Absichten in der lebenden Natur uns führen muß, wird einer weiteren Untersuchung bedürfen. Wir werden diese Konsequenzen zu ziehen haben — oder auf jede weitere Erklärung Verzicht leisten müssen. Das letztere würde dem bekannten Verfahren des Vogel Strauß entsprechen, zu dessen Nachahmung kein Anlaß vorliegt.

Digitized by Google

Kapitel 23.

Die Maschinentheorie der Organismen.

Die Maschinen sind Kunstwerke des Menschen. Sie sind zur Ausführung mechanischer Arbeiten bestimmt. Ihre Tätigkeit besteht darin, daß sie die Richtung mechanischer Energie ändern, wie das beim Eintreiben eines Keils oder einer Schraube und in den Verrichtungen des Hebels geschieht; oder darin, daß sie Energie von gegebener Beschaffenheit in solche von anderer Beschaffenheit umwandeln. In den komplizierteren Maschinen sind beide Tätigkeiten miteinander verknüpft.

Die Arbeit der Maschinen beruht auf Energiewechsel. Sie nehmen Energie von außen her ein und verausgaben dieselbe wieder, nachdem sie mancherlei Wandlungen erfahren haben kann. Das Ideal würde sein, daß hierbei nur die Qualität der Energie sich ändert, während die Quantität die gleiche bleibt. In Wirklichkeit arbeitet aber jede Maschine mit Energieverlust, der durch Reibung, Wärmeverlust u. s. w. bedingt wird. Sobald eine Maschine ihren Vorrat an Energie verausgabt hat, ohne denselben durch Zufuhr neuer Energie zu decken, gerät sie in Stillstand. Wäre es anders, so würde ein perpetuum mobile möglich sein.

Mit welcher Energie eine Maschine gespeist wird, steht in zweiter Linie. Es kann einer Maschine mechanische, thermische, elektrische, chemische Energie oder tierische Muskelkraft zugeführt werden; alle diese Energieformen sind als Arbeitsmittel zu gebrauchen. Zum Betriebe einer Straßenbahn läßt

Digitized by Google

sich Elektrizität verwenden, die in einer Dynamomaschine durch Verbrennen von Steinkohle, also durch Verbrauch chemischer Energie erzeugt wird. Die Dynamomaschine kann aber auch durch das Gefälle eines Flusses, also durch Schwerkraft gedreht werden. Ebenso kann man die Straßenbahn unmittelbar durch Verbrennen von Kohle mittelst eines Dampfmotors oder eines Heißluftmotors bewegen, man kann auch Pferde davor spannen. Eine Taschenuhr wird bewegt durch die Elastizität einer sich ausdehnenden Feder; beim Aufziehen wird diese Feder zusammengedrückt, indem wir dem Energievorrat unserer Fingermuskeln einen Teil entnehmen und in die Uhr übertragen.

Jede Maschine ist ein materielles System von bestimmter Struktur und bestimmter Bewegung, welche ganz bestimmten Verrichtungen dient. Diesen Verrichtungen ist sie durch den Erfinder und den Verfertiger bis in die feinsten Einzelheiten ihrer Teile angepaßt. Die Anpassung kann so weit gehen, daß Selbstregulierungen angebracht werden, die etwaigen Störungen der Bewegung vorbeugen. Eine solche Selbstregulierung ist z. B. die Kompensation der Pendeluhren, welche dem Einfluß der Temperatur auf die Ausdehnung der Metalle entgegenarbeitet. Da die Maschinen vorwiegend aus Metallen bestehen, könnte man ihre Herstellung eine Organisation der Metalle nennen.

Daß es in den Maschinen sich nicht nur um Übertragung und Umwandlung von Energie, sondern auch um Auslösungsvorgänge handelt, wurde bereits früher erwähnt. Befindet sich doch eine mit Energie geladene Maschine im Zustande labilen, eine Maschine, die ihre Energie verausgabte, im Zustande stabilen Gleichgewichts. Solange ein Energievorrat im Innern der Maschine vorhanden ist, kann die Verausgabung desselben durch Auslösung veranlaßt, durch Hemmung sistiert werden. Zur Auslösung und Hemmung gewaltiger Energiemengen reichen meistens geringfügige Kräfte aus.

Die besondere Leistung einer Maschine hängt von der

Digitized by Google

Konfiguration ihrer Teile ab. Eine Taschenuhr ist anders gebaut als eine Lokomotive und anders als ein Klavier. Die Mannigfaltigkeit der durch die Intelligenz des Menschen ersonnenen und durch seine Kunstfertigkeit ausgeführten Maschinen ist eine ungeheure. In jeder einzelnen dieser Maschinen verkörpert sich der Geist ihres Erfinders, durchdringt seine Intelligenz die Teile und zwingt sie zu einheitlichem Zusammenwirken. In jeder Maschine steckt ein unsichtbarer Werkmeister, ein Dämon, den menschliche Intelligenz hineingetan hat; und je verwickelter eine Maschine ist, um so höher ist der Grad der darin verkörperten Intelligenz. Jede Kausalerklärung einer Maschine muß diese Intelligenz berücksichtigen. Es wäre töricht zu sagen, nur Druck und Stoß des Hammers, das Schneiden der Säge und das Rotieren der Drehbank habe diese oder jene Maschine geschaffen. Im planmäßigen Wirken der Maschine gelangen Gedanken und Absichten zum Ausdruck, wir könnten von einer Seele sprechen, die ihr Wirken bestimmt. Ein materielles System würde außer stande sein, die Zeit anzuzeigen, wenn es nicht vom Genie des Erfinders der Uhr durchgeistigt wäre. Diese Durchgeistigung der Maschinen ist der Grund, daß sie ganz andere Aufgaben lösen, als das Spiel blinder Naturkräfte es vermöchte.

Die Naturkräfte lassen ein gesetzmäßiges Walten erkennen, daß keine Ausnahmen zuläßt, und dessen Gesetzmäßigkeit niemals durchbrochen wird. Wenn wir uns aus der Welt die Organismen wegdenken, so kommen die sich selbst überlassenen physikalischen und chemischen Kräfte allein zur Geltung, und nirgends würden wir eine Tätigkeit finden, die derjenigen unserer Maschinen, z. B. einer Dampfmaschine oder einer Taschenuhr, entspräche. Folgt daraus etwa, daß in den Maschinen andere Kräfte walten, als außerhalb derselben? Gewiß nicht! Oder daß in den Maschinen eine Abweichung von den Naturgesetzen, ein Durchbrechen derselben vorliegt? Mit nichten! In den Maschinen walten genau die gleichen Naturgesetze wie außerhalb, von einem Durchbrechen derselben

Digitized by Google

kann keine Rede sein. Die Naturkräfte sind in ihr nur gebeugt unter den intelligenten Willen ihres Erfinders und ihres Verfertigers, dem gewöhnlichen Naturgeschehen sind durch diese Intelligenz bestimmte Richtungen und Bahnen vorgezeichnet; die in den blinden Energien obwaltenden Notwendigkeiten werden gelenkt durch einen geistigen Zwang, der einem vorgezeichneten Ziele zustrebt und in der Leistung der Maschine einen bestimmten Zweck verwirklicht.

Dies sind die wesentlichen Merkmale der Maschinen, durch welche sie über das allgemeine Getriebe der Stoffe und Kräfte an der Oberfläche unseres Planeten hinausragen.

Es ist kein neuer Gedanke, daß auch die Tiere und Pflanzen Maschinen seien, Maschinen einer ganz besonderen Gattung. Die Wurzeln dieser Auffassung reichen in das Altertum zurück; in klarer Weise ist derselben Ausdruck verliehen worden durch den auch als Naturforscher großen Descartes, welcher jeden Naturprozeß, mag er sich in der leblosen oder in der belebten Welt abspielen, auf Übertragung von Bewegung aus einem körperlichen Systeme auf ein anderes zurückführte. Es war ein Gedanke von gewaltiger Kühnheit, die Organismen und die Maschinen unter einem allgemeinen Begriff zu sammeln; und es läßt sich nicht leugnen, daß damit ein bedeutender Fortschritt in unserer Naturauffassung gemacht wurde. Indessen darf auch nicht verkannt werden, daß es sich hier zunächst nur um eine Analogie, ein Bild, einen Vergleich handelt, und daß die genaue Durchführung der Vergleichung auch erhebliche Verschiedenheiten zu Tage fördert.

Ganz ohne Frage finden wir die wesentlichen Merkmale der Maschinen in den Organismen wieder. Das Leben besteht in einer Reihe harmonischer, rhythmischer Bewegungen. Der vollendete Einklang, das Zusammenstimmen in der Wirkung aller Teile läßt den Organismus — schon die einfache Zelle — als einen Automaten erscheinen, der eine Reihe von Verrichtungen mit staunenswerter Präzision immer von neuem

Digitized by Google

wiederholt. Diese Aufgabe kann von der Zelle nur mittelst einer Maschinenstruktur gelöst werden, und es war ein Fehler, mit der Annahme einer bloß chemischen Struktur für die Zelle auskommen zu wollen. Man hat das Geheimnis der Organisation gesucht in einer Molekularstruktur, ohne zu bedenken, daß durch eine solche Struktur niemals ein Automat gebildet werden kann, dessen Maschinenleistungen klar am Tage liegen; der genötigt ist, Energie zu assimilieren, wie eine Dampfmaschine es tut, und dessen Arbeit, dessen Funktionen zum Stillstande gelangen, sobald sein Energievorrat erschöpft ist. Oder ist etwa eine Pflanzenzelle kein Apparat, der die strahlende Energie der Sonne in chemische Energie umzuwandeln vermag? Ist nicht die Tierzelle ein ablaufendes Uhrwerk, das immer von neuem aufgezogen werden muß? Und da konnte man daran denken, daß der Fundamentalunterschied eines solchen Organismus von der nichtorganisierten Natur sich zurückführen lasse auf Molekularstrukturen, die der Hauptsache nach nur durch Quellbarkeit sich von der Struktur anorganischer Materie unterscheiden? Schon die Tatsache des Todes hätte gegen eine solche Auffassung Bedenken einflößen sollen. Die organisierte Struktur ist in einer toten Katze noch so gut vorhanden, wie die Maschinenstruktur in einer Taschenuhr, die wegen Zerbrechens der Feder nicht mehr läuft.

Wie eine Maschine besteht auch schon jede Zelle aus verschiedenartigen Teilen, die nach einem gemeinsamen Plane funktionieren. Jede Pflanzenform, jedes Tier ist eine Anpassung an seine besondere Lebensweise; und wie man in einer Handlung hunderterlei Uhren findet, die alle auf dieselbe Weise Stunden und Minuten anzeigen, so sind es Tausende von Gestalten, in denen der Typus der Gräser, der Kompositen, der Leguminosen, der Schmetterlinge, der Fische sich ausprägt. Die Reizbarkeit teilen die Organismen mit den Maschinen; in beiden ist sie durch die Struktur bedingt, obwohl beide aus nicht reizbaren Stoffen aufgebaut sind. Wie in der Arbeit jeder Maschine der Geist ihres Erzeugers nach-

Digitized by Google

wirkt, so wohnt auch in jedem Organismus ein heimlicher Werkmeister, der erblich vom Mutterorganismus übernommen wurde, der ihn aufbaut von der Eizelle bis zur Vollendung, und der die verwickelten Verrichtungen des erwachsenen Körpers in einheitlichem Sinne regelt.

Die einfache Zelle wie der zusammengesetzte Organismus bestreiten ihren Energiebedarf im wesentlichen mit chemischen Mitteln. Aus chemischen Verbindungen sind sie aufgebaut. Daraus aber zu folgern, daß bei der Entwicklung nur chemische Kräfte tätig gewesen seien, wäre in hohem Grade unvorsichtig. Es wäre das so logisch, als wenn man aus der chemischen Beschaffenheit einer Taschenuhr folgern wollte, daß die Eigenschaften von Stahl und Messing hinreichen, um ein solches Kunstwerk entstehen zu lassen.

In dem Material, aus dem die Organismen bestehen, liegt ein gewisser Unterschied von den Maschinen ausgeprägt. Die Maschinen sind stets aus festem, hartem Stoff gebildet, womöglich aus Metallen, wenigstens aus Holz; dabei ist die chemische Natur des Stoffes weniger wesentlich. Die Organismen dagegen bestehen aus weichen, wasserdurchdrängten Substanzen, und feste Teile, wie das innere Knochengerüst, der Chitinpanzer bei Tieren oder der Holzkörper eines Baumes kommen nur soweit in Betracht, als sie erforderlich sind, den weichen Körperteilen den erforderlichen Halt zu geben. Außerdem würden wir uns keinen Organismus vorstellen können, der nicht aus Kohlenhydrat, Fett, Eiweiß u. s. w. bestünde, so daß es bei den Organismen jedenfalls mehr auf die chemische Beschaffenheit des Materials ankommt, als bei den Maschinen. Eine gewisse Plastizität ist dem Material eigentümlich, aus dem Pflanzen und Tiere sich formen, besonders auf den früheren Entwicklungsstufen, und dieser Umstand bringt es schon mit sich, daß ihre Entwicklung durch künstliche Eingriffe verhältnismäßig leicht auf Abwege geleitet werden kann. Aber mögen wir auf künstlichem Wege noch so viele Monstrositäten aus einer Pflanze erziehen,

Digitized by Google

niemals wird es gelingen, durch experimentelle Eingriffe eine Art in eine andere umzuwandeln; es bleiben immer Monstrositäten der einen Art, an der wir unsere Experimentierkunst versuchten.

Die Selbstgestaltung der Organismen in der Entwicklung ist ein weiteres Moment, das sie von den Maschinen unterscheidet. Alles Wachstum vom Ei bis zum fertigen Vogel wird von der Notwendigkeit beherrscht, einen lebensfähigen Organismus zu bilden. Die einzelnen Teile gestalten sich plastisch aus dem embryonalen Zellengewebe, wie eine Künstlerhand den Ton formt, während die Stelle einer solchen Hand durch den Vererbungsimpuls und durch die von diesem Impulse regulierte Wechselwirkung der Teile vertreten wird. Der Konstrukteur einer Maschine arbeitet auch unter dem Zwange, einen arbeitsfähigen Mechanismus liefern zu müssen; allein er verwirklicht seinen Plan, indem er jedes einzelne Stück für sich in der vollen Größe herstellt und dann die Stücke zum einheitlichen Bau zusammenfügt. Bei der Maschine liegt die gestaltende Macht außerhalb, beim Organismus in dessen Innern, im Ei, in den Vegetationspunkten; sie durchdringt das Protoplasma seiner Zellen.

Die Macht der Selbstbildung überträgt sich in der Fortpflanzung von Generation auf Generation wie von einem Gliede einer Kette auf ein nächstes. In der Fortpflanzung kann diese Macht sich um ein Ungeheures vermehren, in geometrischer Progression; sie zerstiebt dafür im Tode der Organismen in nichts. Daraus geht hervor, daß die gestaltende Macht dem Gesetze der Erhaltung nicht unterliegt, daß es keine Energie ist, sondern etwas anderes.

Weder in seiner Entstehung noch in der Entwicklung verhält sich also der Organismus wie eine Maschine, hier liegt der Unterschied. Bis zu einem gewissen Grade sind die Organismen Maschinen; dies erkannt zu haben, ist von der höchsten Bedeutung. Sie sind Maschinen in ihrem Energiewechsel, in den mechanischen Arbeiten, die sie verrichten. Aber sie ver-

Digitized by Google

binden mit dieser unleugbaren Maschineneigenschaft in Fortpflanzung, Vererbung und Entwicklung noch Eigenschaften, welche sie über das Niveau der Maschinen hinausheben. Man könnte sagen, es sind Maschinen höherer Ordnung. Ihrer Struktur nach sind sie Maschinen, und ihre automatischen Tätigkeiten werden wir künftig vielleicht in noch weiterem Umfange, als es schon jetzt möglich ist, als Maschinenverrichtungen nachweisen können. Allein schon die Tatsachen ihrer komplizierten Wachstums- und Entwicklungsrichtungen lassen sich nicht mechanisch erklären.

Eine Taschenuhr, eine Spieldose sind mechanisch erklärbare Automaten; eine Pflanze, ein Tier sind es nicht. Dennoch besitzen die fertige Zelle, die fertige Pflanze, das fertige Tier eine Maschinenstruktur. Aber hier liegt auch die Grenze einer zulässigen Maschinentheorie der Organismen. Durch ihre Entstehung und Entwicklung entfernen diese sich weit von den Maschinen und sind eher anderen Werken des Menschen, einem Staatswesen, einer Armee, einer Wissenschaft vergleichbar, die sich aus kleinen Anfängen entwickelt haben.

Ich schließe diese Betrachtung mit folgendem Worte W. Ostwalds*):

„Erscheint es als ein vergebliches, bei jedem einzelnen ernsthaften Versuche schließlich gescheitertes Unternehmen, die bekannten physikalischen Erscheinungen mechanisch zu deuten, so ist der Schluß unabweisbar, daß dies um so weniger bei den unvergleichlich viel verwickelteren Erscheinungen des organischen Lebens gelingen kann. Die gleichen prinzipiellen Widersprüche machen sich auch hier geltend, und die Behauptung, alle Naturerscheinungen ließen sich in erster Linie auf mechanische zurückführen, darf nicht einmal als eine brauchbare Arbeitshypothese bezeichnet werden; sie ist ein bloßer Irrtum."

*) Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus S. 20.

Digitized by Google

Kapitel 24.

Die Dominanten.

Jedes menschliche Kunstwerk, auch das einfachste — eine Stahlfeder, ein silberner Löffel, eine Schere — verkörpert einen Zweck, für den eine bestimmte Gestalt erforderlich ist. Diese Gestalt kann niemals „von selbst" entstehen, sondern sie wird hervorgebracht durch einen vom Verfertiger auf den Rohstoff ausgeübten Zwang. Ohne diesen formenden Zwang würden die bezüglichen Metallstücke bleiben, wie sie zufällig waren, oder sie würden durch physikalische und chemische Kräfte verändert werden, falls dafür die Bedingungen eintreten sollten: das Silber würde vielleicht kristallisieren, das Eisen sich mit Sauerstoff und Wasser verbinden. Wo immer wir aber eine Schere oder einen Löffel finden, da schließen wir mit voller Berechtigung, daß das Metall nur unter dem Zwange menschlicher Tätigkeit diese Gestalten angenommen haben kann.

In entsprechender Weise zwingt der menschliche Wille die Energie des gleitenden Wassers, ein Mühlrad zu drehen und Korn zu zerkleinern, die Energie des Dampfes, eine aus Eisen und Stahl gebaute Maschine zu treiben; die Struktur dieser Maschine ist gleichfalls durch einen Zwang entstanden, der mechanische Energien so richtete, daß sie den Metallstücken die erforderliche Gestalt gaben. Überall, wo es sich um technische Leistungen irgend welcher Art handelt, finden wir einen solchen Zwang. In jedem Werkzeug, in jeder Maschine, in jedem physikalischen Apparate hat er sich betätigt. Dieser

Digitized by Google

Zwang besteht in dem Einflusse einer planmäßigen Absicht, einer Beugung der Energien unter den bewußten menschlichen Willen. Keine vernünftige Überlegung wird darin eine Durchbrechung der Naturgesetze erblicken. Unter der unwandelbaren Herrschaft dieser Gesetze werden die Naturkräfte oder Energien gebeugt und gerichtet, bis sie der Absicht des Mechanikers vollkommen Genüge leisten; und dadurch werden sie gezwungen, diejenigen Arbeiten zu verrichten, die vom Erfinder der Maschine in Aussicht genommen waren.

So viele Werkzeuge und Maschinen es gibt, ja so viele Teile in letzteren — so viele Arten des die Energien beugenden Zwanges würde man unterscheiden können. Um einen kurzen Ausdruck zu haben, kann man im Einzelfall von einer Oberkraft oder Dominante sprechen, welche über den Energien steht und sie lenkt.

Was hier von der Herstellung der Werkzeuge und Maschinen gesagt wurde, gilt in gleicher Weise von der Synthese organisch-chemischer Verbindungen aus ihren Elementen. So wenig aus Stahl „von selbst" eine Schere wird, so wenig ergibt sich aus dem Zusammenbringen von Kohle und Wasser ein Kohlenhydrat, z. B. Zucker. Es bedarf dazu verwickelter Maßregeln, die alle in einer erzwungenen Richtung der chemischen Energien bestehen. Nur auf solchen verschlungenen Wegen können jene Energien veranlaßt werden, ein Kohlenhydrat zu bilden. Die Dominante besteht hierbei in einem viel verwickelteren Vorgange, als bei Herstellung der Schere in der Werkstatt eines Schlossers.

Lotze hat solche lenkenden Kräfte „Kräfte zweiter Hand" genannt, ein Ausdruck, der ein wenig unbequem ist; ich glaube, daß seine Kräfte zweiter Hand sich mit meinem Begriffe der Dominanten decken. Er äußert sich darüber folgendermaßen*):

„Unsere Maschinen arbeiten mit Kräften zweiter Hand; sie beruhen auf der Festigkeit, der Kohäsion, der Elastizität gewisser Stoffe; aber sie erzeugen keine dieser Eigenschaften neu, sondern

*) Der Mikrokosmos I, S. 81.

Digitized by Google

setzen voraus, daß sie in dem Material, welches die äußere Natur liefert, durch die Kräfte der Elemente bereits gebildet sind. Auf eine scharfsinnige Verflechtung einzelner Teile ist ferner der Rhythmus gegründet, nach welchem die mitgeteilte, antreibende Bewegung sich fortpflanzt; aber diese Verbindungsweise wird nicht durch die tätige lebendige Anziehung der Bestandteile selbst hervorgebracht; durch Nägel, Bolzen, Reifen und Schrauben sehen wir hier die feste Verknüpfung, durch Drehung um feste Achsen die Beweglichkeit aufeinander sich beziehender Teile erzwungen; nicht die unmittelbaren Anziehungen und Abstoßungen der Elemente, diese Kräfte erster Hand, sondern ihre zur Ruhe gekommenen Produkte, Starrheit und Undurchdringlichkeit, sind benutzt, um durch äußerliche Zusammenstellung die Zwecke der Maschine zu erfüllen."

Der in den Dominanten zur Geltung kommende Zwang ist ein dynamisches Prinzip, doch keine Energie. Jede Analyse der Vorgänge, die zur Herstellung von Maschinen führten, wie auch der Arbeit dieser Maschinen selbst nötigt zur Unterscheidung von Energien und Dominanten. Die letzteren bestimmen die Richtung der Energien, darum sind sie dem Erhaltungsgesetze nicht unterworfen. Eine Dominante kann weder aus Energie entstehen noch sich in Energie verwandeln. Sie wirkt richtend, bestimmend auf die Naturkräfte ein, kann aber ohne diese nichts hervorbringen; sie wirkt also auch nach den Gesetzen und innerhalb des Rahmens der Kausalität. Die Dominanten können ihre Ziele nur verwirklichen durch Benutzung der Naturkräfte unter Berücksichtigung der unabänderlichen Naturgesetze.

Wir können aber die Dominanten geradezu unter die Eigenschaften der Maschinen rechnen. Sie sind die dirigierenden Kräfte derselben, die Steuerleute der Energien, die Dämonen, von denen ich oben sprach. Man sieht sie nicht, sondern man erschließt sie aus ihren Wirkungen. Darin stimmen sie mit den Energien überein, die wir auch nur aus ihren Wirkungen erkennen können.

Die Dominante einer Maschine, z. B. einer solchen, die Stahlfedern anfertigt, ist immanent; sie wurde von der transcendent wirkenden Intelligenz des Technikers in die Maschine hineingelegt. Diese Dominante bestimmt die Arbeitsleistung

Digitized by Google

der Maschinenteile selbstverständlich im Rahmen der Kausalität. So ist auch jedem Bohrer, jeder Schaufel, kurz jedem Werkzeuge vom Erfinder eine besondere Arbeitsdominante eingehaucht — ein immanent gewordener Funke seines Geistes.

Wenden wir uns jetzt zu den Organismen.

Da wir einen Organismus, schon eine einfache Zelle, nur einer Maschine, nicht aber einer bloßen Stoffmasse vergleichen dürfen, so müssen auch in den Organismen zu den im Bereiche des Anorganischen allein herrschenden Energien Dominanten hinzutreten.

Bei Hervorbringung der Gestalt einer Pflanze und eines Tieres sehen wir zahlreiche äußere und innere Ursachen oder Bedingungen in Kraft treten, die auf energetischer Tätigkeit beruhen. Weil diese Energien einheitlich geregelt sind, wie der Bau eines Hauses durch den Plan, so müssen wir auf übergeordnete Agentien schließen, die wir uns als Dominanten zu denken haben. Denn den Organismus können nicht lediglich Kräfte erster Hand aufbauen und zusammenhalten. Durch Energie wird in den Organismen Arbeit geleistet — durch Dominanten wird die von der Energie zu leistende Arbeit bestimmt. Wie wir verschiedene Energiearten im Organismus tätig sehen, so können wir auch verschiedene Dominanten unterscheiden, solche höheren und niederen Ranges. In allen Fällen aber sind Dominanten die Lenker der Energie.

Ihr Vorhandensein ist darum eine Notwendigkeit, weil ohne sie nur zielloſe Kräfte erster Hand tätig sein würden; wir sehen aber tatsächlich die chemischen wie die gestaltenden Prozesse in der Pflanze und im Tiere zielstrebig und einheitlich geordnet verlaufen.

Die Millionen und aber Millionen von Zellen, die einen großen Organismus zusammensetzen, gehorchen der einheitlichen Lenkung der Dominanten nicht weniger, als die einzelne Zelle oder deren Kern bei der Teilung.

Alle Wachstumsimpulse sind Dominanten, weil sie nicht zu den Energien, den Kräften erster Hand, gerechnet werden

Digitized by Google

können; denn Wachstums- und Entwicklungsenergie gibt es nicht. Was in den Schriften der Botaniker „innere Wachstumsursachen" genannt wird, sind größtenteils Dominanten. Wie wir durch die Feder Buchstaben zu Worten und Sätzen ordnen, so fügen die Dominanten chemische Verbindungen zum organisierten Pflanzenkörper zusammen. Sie zwingen die embryonalen Gewebe in bestimmte Formen und Richtungen hinein, in denen sie allein sich entwickeln dürfen, um die Organe der Pflanze zu bilden; die tausende und abertausende von Zellen, die in den Vegetationspunkten entstehen, werden durch sie veranlaßt, den durch den Artcharakter bedingten Platz auszufüllen und die erforderliche Gestalt anzunehmen. Auch die chemischen Prozesse, wie die Erzeugung von Honig, die Umbildung von Zucker in Stärke, die Ausfällung der Cellulose, die Synthese des Zuckers aus Kohlensäure und Wasser vollziehen sich nur unter dem Einflusse von Dominanten, die wie bewußte, intelligente Chemiker arbeiten. Dominanten sind die Beherrscher auch der chemischen Energien in der Pflanze und im Tier.

Für uns sind alle diese Tätigkeiten Rätsel, die wir hinnehmen, ohne zu ihrer Lösung befähigt zu sein. Besonders rätselhaft ist aber die Übertragung der Dominanten in der Fortpflanzung.

Ich bin überzeugt, daß auch die Vererbung eine Dominante ist. Damit bestimme ich von neuem die erbliche Übertragung der Eigenschaften eines Organismus als einen dynamischen Vorgang. Hier vor allem treten uns im Organismus Kräfte zweiter Hand entgegen; und schon darum halte ich alle Vererbungstheorien, chemische wie physikalische, die mit Kräften erster Hand auszukommen sich abmühen, für verfehlt. Nur Dominanten können es sein, die das spezifische morphologische Gleichgewicht in der Vererbung aufrecht erhalten. Schon am Keime haften die Dominanten der künftigen Entwicklung, für deren Fortbildung die früher dargelegten Regeln des Wachstums Gültigkeit besitzen.

Digitized by Google

Bei der Fortpflanzung kann sich die Zahl der Dominanten, d. h. gleichartig wirkender Dominanten, in das Ungemessene vermehren. Wenn eine Tabakspflanze 50 000 Keime hervorbringt, so bedeutet das eine ebenso oftmalige Vervielfältigung der gleichen Entwicklungsdominante. Dabei zeigen sich die Dominanten von Raumverhältnissen unabhängig; denn in den überaus kleinen Samenfäden eines Walfisches oder Stieres sind die Dominanten enthalten, welche die ganze Organisation der Massen dieser ungeheuren Tierkörper bestimmen. Wie fein die Dominanten arbeiten, lehrt die Übertragung menschlicher Gesichtszüge durch viele Generationen; man denke nur an die Habsburger, die Capetinger, die Juden, die Chinesen.

Der Vervielfältigung der Dominanten in den Fortpflanzungszellen steht deren Vernichtung im Tode gegenüber. Verbrennt man die mit reifen Samen beladene Tabakspflanze, so sind 50 000 Entwicklungsdominanten genau so gründlich vertilgt, wie ein mühsam aufgebautes Manuskript oder eine wertvolle Zeichnung, die man den Flammen übergibt. Spurlos verschwinden die Dominanten im Tode, wie die Gedächtniseindrücke und die geistigen Fähigkeiten eines Menschen. Während die Wärme einer erloschenen Kerze als Energie fortbesteht, wenn auch in anderer Form, also unvergänglich ist, spricht nicht das leiseste Anzeichen, ja keine erdenkliche Möglichkeit dafür, daß die Dominanten im Tode sich etwa in Energie umwandelten. Wollte man die bei der Verbrennung der 50 000 Samen des Tabaks frei werdende Energie bestimmen, man würde finden, daß man ebensogut das gleiche Gewicht einer entsprechenden künstlichen Mischung von Eiweiß, Kohlenhydrat und Fett hätte verbrennen können; wie die Verbrennungswärme eines Exemplars der Ilias nicht größer ist, als die Verbrennungswärme eines gleichen Gewichts von Papier.

Endlich rechne ich auch die Instinkte der Tiere, d. h. ihre ererbte, nicht erlernte Kunstfertigkeit zu den Dominanten. Wenn eine Biene ihre Waben baut, eine Spinne ihr Netz, die

Digitized by Google

Seidenraupe den Kokon, so steht das auf einer Linie mit der bildenden Tätigkeit der Vegetationspunkte einer Pflanze.

Wenn ich somit Dominanten nicht nur als Beherrscher der Gestaltungsvorgänge, sondern auch der Arbeiten der Organismen in Anspruch genommen habe, so dürfte es erforderlich sein, um jeder etwa sich einschleichenden Unklarheit vorzubeugen, den Begriff der Dominante noch etwas eingehender zu erläutern, als es zu Anfang des Kapitels geschehen konnte. Denn das Wort Dominante ist neu, und trotz meiner Abneigung gegen Fremdwörter glaubte ich es doch nicht entbehren zu können.

Ich möchte mich so ausdrücken: Dominanten sind die Kräfte zweiter Hand im Organismus, deren Dasein wir aus ihrem Wirken und Schaffen erkennen, deren weitere Analyse jedoch nicht gelingt. Ich verstehe darunter also den in den Organismen sich geltend machenden Zwang, der die zur Verfügung stehenden Energien nach Art menschlicher Werkzeuge und Maschinen meistert; und weil dieser Zwang ein vielfältiger ist, so war es erforderlich, den dafür gesetzten technischen Ausdruck gewöhnlich im Pluralis zu gebrauchen. Die Dominanten sind also eine Abstraktion, ein Symbol für Erscheinungen, gerade wie die Begriffe Kraft, Materie, Atom u. s. w.; das Wort ist ersonnen, um einen kurzen Ausdruck für die Beschreibung, beziehungsweise Erklärung wesentlicher Vorgänge zu haben.

Darum weise ich den etwa auftauchenden Einwand zurück, daß die Dominanten eine Fiktion seien, ein Heer von Gespenstern, mit dem ich die Zellen und Organe der Tiere und Pflanzen bevölkere. Sie sind gewissermaßen nur eine Umschreibung von Erscheinungen; eine Personifikation der nicht unter den Begriff der Energie zu fassenden, richtenden Triebkräfte in Pflanze und Tier. Die Dominanten sind daher vor allem keine mystische Hypothese; sie sind das ebensowenig wie die chemischen und physikalischen Molekularkräfte. Wir können die Dominanten ebensowenig wie die Molekularkräfte

Digitized by Google

anders als aus ihren Wirkungen erkennen. Sie sind aber den Molekularkräften gleichberechtigt, weil wir außer stande sind, sie auf jene zurückzuführen. Wollte man dies tun, so wäre das allerdings eine willkürliche, jeder Berechtigung entbehrende Hypothese, die sich nur auf das grundlose Vorurteil stützen könnte, daß es in der Welt lediglich Molekularkräfte oder besser ausgedrückt, Energien gibt, und daß andere Kräfte unmöglich sind.

In den Dominanten geben sich Triebkräfte zu erkennen, die schon darum in den Rahmen der Energie nicht passen, weil sie sich aus sich selbst heraus vervielfältigen können und im Tode der Organismen aufhören zu existieren. Wird man einmal das letzte Exemplar des Narwals getötet haben, so hat man die Dominanten dieses Tieres vernichtet, ohne daß ein Äquivalent dafür entstanden wäre. Denn ein Äquivalent zwischen den Eigentümlichkeiten des Narwals und chemischer, thermischer, elektrischer u. s. w. Energie gibt es nicht. Wenn wir somit auf eine energetische Definition der Dominanten unbedingt verzichten müssen, so werden der Nutzen und die Notwendigkeit dieses Begriffes dadurch nur in ein desto helleres Licht gerückt. Und warum sollten wir diesen Verzicht auf eine energetische Erklärung der Dominanten nicht leisten, wenn derselbe von unserem Wahrheitssinne gefordert wird?

Wenn auch die Dominanten ein für uns unlösbares Problem einschließen, so ist doch durch ihre Einführung in den Gedankenbau der Wissenschaft die Erklärung der physiologischen Erscheinungen mit nichten der Kausalität entrückt. Im Gegenteil! Je verwickelter die physikalisch-chemischen Vorgänge im Aufbau des Organismus sind, je mehr reizbare Strukturen, je mehr Selbstregulierungen wir finden, um so unabweislicher wird der Schluß auf über ihnen waltende Dominanten, wollen wir den kausalen Zusammenhang der energetischen Prozesse in der Lebenstätigkeit verstehen, d. h. uns anschaulich machen. Es ist grundfalsch, zu sagen: weil die Lebensprozesse so verwickelt sind, können wir noch gar nicht

Digitized by Google

überſehen, wie die Energien, beziehungsweiſe die Molekularkräfte dieſelben zuſtande bringen. Im Gegenteil, wir können recht gut wiſſen, daß die einheitliche Regelung und die maſchinenmäßige Sicherheit ſo verwickelter energetiſcher Prozeſſe die Regulierung durch Kräfte zweiter Hand zur unbedingten Vorausſetzung hat; je verwickelter die phyſiologiſchen Erſcheinungen ſind, um ſo weniger können wir der Dominanten zu ihrer Erklärung entraten.

Man könnte ſagen, die Dominanten ſeien weſenloſe Schatten. Dann aber kann man dasſelbe von jeder Abſtraktion, von jedem Symbole behaupten. Ich glaube der Dominanten zu bedürfen als Darſtellungsmittel der phyſiologiſchen Vorgänge, gerade ſo wie die mechaniſchen Begriffe Darſtellungsmittel mechaniſcher Tatſachen ſind. Daß im Lebensprozeſſe lediglich ein Gewirr mechaniſcher Tatſachen vorliege, iſt wohl eine Hypotheſe oder gar ein Wunſch, den manche hegen, der aber leider den Fehler beſitzt, den Tatſachen nicht zu entſprechen. Wie Huyghens den Äther nötig hatte für ſeine Theorie des Lichts, bedarf ich der Dominanten für eine unbefangene und vorausſetzungsloſe Theorie des Lebens, deren Grundlage darin beſteht, daß ich in den Organismen das Walten von Kräften zweiter Hand anerkenne. Sollte dieſe Theorie dermaleinſt durch eine beſſere erſetzt werden können, ſo werde ich die Dominanten gerne preisgeben, wie die Phyſik vielleicht den Lichtäther fallen laſſen wird. Indeſſen iſt dieſer Vergleich nur ein Bild; denn der Äther iſt eine Hypotheſe, die Dominanten ſind eine Abſtraktion, wie der Begriff der Energie es iſt. Durchweg aber fügen ſich die Dominanten den Forderungen des Kauſalgeſetzes, weil ſie nur im Rahmen der allgemeinen Naturgeſetze wirken und dieſelben nirgends und niemals durchbrechen.

Unleugbar beſteht eine gewiſſe Analogie zwiſchen dem Walten der Dominanten und demjenigen pſychiſcher Motive. Am ſchärfſten wird durch die tieriſchen Inſtinkte darauf hingezeigt. Wie in den Maſchinen, bilden auch in den Organismen die Dominanten eine Art von Beſeelung, von Durchgeiſtigung

Digitized by Google

des materiellen Substrats. Indessen unterlasse ich es, das Gebiet der bewußten Geistestätigkeit hier heranzuziehen, weil mich dasselbe einerseits zu weit führen würde, und ich andererseits desselben für meine Beweisführung nicht bedarf.

Es könnte mir noch entgegengehalten werden, daß die Wirkung der Dominanten auf die Energien, beziehungsweise auf das materielle Gefüge der Organismen unbegreiflich ist. Dem gegenüber erwidere ich, daß ihre Wirkung darum gewiß nicht weniger tatsächlich ist, als die Wirkung des eigenen Willens auf unsere Muskeln und Nerven, die wir täglich wahrnehmen und doch auch nicht begreifen. Ist denn die Tatsache der Farbenempfindung von grün im Gehirn auf Einwirkung von Strahlungswellen einer bestimmten Schwingungszahl begreiflich? d. h. auf bekannte Analoga zurückführbar? Ja, ist der Druck und Stoß von Massen aufeinander begreiflich? Sind die chemischen Affinitäten begreiflich? Ist die Gravitation begreiflich? Man hüte sich, eine Erscheinung darum für begreiflich zu halten, weil wir sie täglich hundertfach erleben, weil jeder Wilde sie sehen und tasten kann!

Auch scheint mir unsere Kenntnis der Pflanzen und Tiere ausreichend zu sein, um die Einführung des Begriffes der Dominanten zu fordern. Es wäre meines Erachtens verkehrt, ihre Zulassung erst von einer weiteren Vertiefung des Naturwissens abhängen zu lassen. Denn die Arbeit der Organismen kennen wir wenigstens in großen Umrissen, und sie nötigt zum Schluß auf die Dominanten. Vom Wesen der Dominanten, z. B. der Erblichkeit, würden wir vielleicht auch nicht mehr wissen, als wir jetzt wissen, besäßen wir eine Methode, die Molekel des Zellenleibes so groß wie Schrotkörner zu sehen; wie wir die Intelligenz des Uhrmachers auch nur aus den Leistungen der Uhr, nicht aber aus dem Molekulargefüge ihrer Teile erschließen. Die zweckmäßige Wirkung der Dominanten liegt hinreichend klar am Tage; die Molekularkräfte vermögen nur zweckmäßig zu arbeiten unter der Leitung der Dominanten.

Digitized by Google

Wir können die Dominanten der Organismen einteilen in Arbeitsdominanten und Gestaltungsdominanten. Beide werden durch Vererbung von Generation auf Generation übertragen; beide sind in beschränktem Umfange daher auch der Abänderung fähig. Nur die Arbeitsdominanten stimmen mit den Dominanten der Maschinen überein, bei welchen an die Stelle der Gestaltungsdominanten der Verfertiger tritt.

Den Arbeitsdominanten der Organismen liegen vorzugsweise chemische Leistungen ob; sie sind die verborgenen Chemiker der Zellen, wie die Gestaltungsdominanten die unsichtbaren Baumeister der Pflanzen und Tiere.

Sowohl Arbeits- wie Gestaltungsdominanten können innerhalb der sich entwickelnden Organismen neu entstehen. Während im befruchteten Ei der Pflanze die Dominanten herrschen, welche das nächstfolgende Entwicklungsstadium des Keimes hervorbringen, treten an einer jungen Pflanze die Dominanten der grünen Blätter, und erst an der älteren Pflanze die Dominanten hervor, von denen die Bildung der Blüten und Früchte abhängt; die Arbeitsdominanten der Honigabsonderung erscheinen erst mit der Entfaltung der Blumen, zu welcher Zeit die Dominanten der Keimpflanze ihre Tätigkeit längst eingestellt haben. Diese sind wieder latent geworden; während die Dominanten der Blütenteile in der jungen Pflanze noch latent waren.

So herrscht in jedem Organismus ein Heer von Dominanten, und wir werden geneigt sein, einige als übergeordnet, andere als untergeordnet zu klassifizieren. Da die Dominanten Abstraktionen von den Gestaltungsvorgängen sind, so sind die höheren Dominanten, z. B. beim Tier die Dominante des Kopfes, Abstraktionen von den untergeordneten Dominanten, im angeführten Beispiele der Teile des Kopfes. Und wenn wir schließlich von einer Gesamtdominante der Gestaltung des ganzen Einzelwesens sprechen dürfen, so ist diese die Abstraktion von sämtlichen Partialdominanten des Gestaltungsprozesses.

Auf die Vermehrung der Dominanten in der Fortpflanzung

Digitized by Google

wurde schon hingewiesen. Zur Vermehrung der Organismen bildet die Vermehrung der Maschinen durch Kopie der Originalmaschine eine sehr unvollkommene Analogie; auch diese Kopien kommen nur zustande durch den Eingriff des Menschen, während in der Fortpflanzung der Tiere und Pflanzen immanente Dominanten wirksam sind.

Durch äußere Einwirkungen können in den Organismen schlummernde Dominanten geweckt und ausgelöst, kann die Geltendmachung anderer gehemmt werden. Dahin rechne ich es, wenn durch chemische und physikalische Eingriffe es bei Algen bestimmt werden kann, ob die Dominanten der Bildung von Geschlechtsorganen oder einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung das Übergewicht erlangen; wenn durch die Zufuhr von Wasser die Keimung der Samen veranlaßt wird; wenn das Licht besondere, auf komplizierten energetischen Vorgängen beruhende Organbildungen hervorruft; wenn durch Wärme die im Hühnerei schlummernden Gestaltungsdominanten ausgelöst werden. Selbst Störungen der das morphologische Gleichgewicht eine Art bedingenden Dominanten können durch künstliches Erzeugen von Monstrositäten und Mißbildungen, d. h. abnormer Wachstumsvorgänge, zuwege gebracht werden; parasitische Pilze können, z. B. bei Euphorbia Cyparissias, das gewöhnliche Aussehen einer Pflanze völlig verändern. Nur wird durch alle solche Deformierungen, mögen sie noch so weit getrieben werden, mögen sie die Gewebe oder die äußeren Teile betreffen, niemals eine neue Art erzeugt. Die Generaldominante einer Spezies läßt sich durch künstliche Eingriffe in der auffallendsten Weise abändern; doch niemals experimentell soweit verändern, daß eine neue, erbliche Spezies daraus würde.

Auch in den Maschinen sehen wir Dominanten als immanente Gesetzmäßigkeit wirksam, so lange der Betrieb der Maschine dauert. Wir wissen, daß sie der Maschine durch den Geist des Erbauers eingepflanzt wurden. Die Dominanten in den Organismen lassen sich nicht ziellosen energetischen Kräften, sondern wegen ihres zweckmäßigen und planmäßigen

Digitized by Google

Wirkens nur der immanenten, unbewußten Intelligenz der Maschinen an die Seite stellen. Wir könnten geradezu von einer immanenten, unbewußten Intelligenz der Zellen, der Tiere und der Pflanzen sprechen; die Dominanten nicht nur Kräfte zweiter Hand, sondern intelligente Kräfte nennen. Denn die Leistungen der Dominanten im Organismus sind nur den Leistungen einer vielseitigen, sicheren und außerordentlich hohen Intelligenz vergleichbar.

Besonders anschauliche Beispiele hierfür liefert das Zusammenwirken der Dominanten untereinander sowie mit den von außen die Pflanze beeinflussenden Energien. Zumal bei Störungen des Wachstums, die durch willkürliche Eingriffe des Menschen hervorgerufen werden, tritt dies hervor; nachstehend davon ein paar Fälle.

Im Wachstum der Bäume wirken die Dominanten mit der Schwerkraft derart zusammen, daß der Hauptsproß in der Richtung des Erdradius senkrecht empor, die Hauptwurzel senkrecht nach abwärts getrieben wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß das ganze Wurzelsystem auf dem kürzesten Wege in den Erdboden gesenkt wird, während das Laubsproßsystem zu Licht und Luft sich emporreckt. Auf die Seitenwurzeln und Seitensprosse wirkt der Reiz der Schwerkraft aber in abgeschwächter Weise ein, so daß die Hauptäste einer Baumkrone schräge aufwärts, die Seitenwurzeln erster Ordnung schräge abwärts, die Seitenachsen höherer Ordnung jedoch beliebig nach allen Richtungen wachsen. Nur hierdurch wird die Ausbreitung der Baumkrone und des Wurzelsystems ermöglicht, die sie zur Erfüllung ihrer Ernährungsaufgaben geeignet macht. Wenn man nun an einer jungen Pflanze die Spitze der Hauptwurzel wegschneidet, so richtet sich die Spitze der nächsten Seitenwurzel senkrecht nach unten, nimmt also den Grad des Geotropismus der Hauptwurzel an; die Dominante der Hauptwurzel geht auf die Seitenwurzel über, wodurch es doch noch möglich wird, das Wurzelsystem tiefer in die Erde zu versenken. Schneidet man die Spitze des Haupt-

Digitized by Google

stammes ab, so richtet die Spitze eines naheſtehenden Seitenzweiges ſich auf, die Dominante des Hauptſtammes geht auf ihn über, und der Seitenaſt vermag den vertikal emporwachſenden Stamm fortzuſetzen, was man in jeder Baumſchule zu beobachten Gelegenheit hat. In dieſen Vorgängen, die man gewöhnlich Korrelationserſcheinungen nennt, tritt nach meinem Dafürhalten eine höchſt bemerkenswerte Selbſtregulierung des geſtörten Wachstums, eine Selbſthilfe der Pflanze unter Benutzung der äußeren Kräfte als Hilfsmittel, zu Tage; bei einer Edeltanne, deren Hauptſproß allſeitig, deren Seitenſproſſe zweizeilig beblättert ſind, wird bei Unterdrückung des Hauptſproſſes die Spitze eines Seitenaſtes zum ſogenannten Leittrieb, indem ſie ſich aufrichtet und ihre Nadeln nach allen Seiten entwickelt.

Die Kartoffelknollen ſind angeſchwollene Spitzen unterirdiſcher Sproſſe, die keine Laubblätter entwickeln, dafür aber ihr Zellgewebe mit Stärkemehl anfüllen, wozu das Material in den oberirdiſchen Laubblättern bereitet wurde. Schneidet man an jungen Pflanzen die oberirdiſche Laubſproſſe fort, ſo bilden ſich die unterirdiſchen Sproſſe nicht zu Knollen aus, ſondern wachſen an das Licht empor und tragen Laubblätter, die Kohlenhydrate erzeugen. Nunmehr können andere unterirdiſche Zweige wieder zu Knollenſproſſen werden, ſo daß die Dominanten der Knollenſproſſe bei eintretendem Bedürfnis zu Laubſproßdominanten werden, dann aber an Zweigen, die ſonſt unentwickelt geblieben wären, wieder hervortreten; eine Selbſtregulierung des Organismus, die mit der Sicherheit einer immanent wirkenden Intelligenz ſich vollzieht. Da die Knollendominanten aber einmal in der Pflanze drin ſtecken, ſo kann man durch rechtzeitige Unterdrückung aller unterirdiſchen Zweige des Stengels den Anſatz von Knollen in den oberirdiſchen Teilen der Pflanze künſtlich zuwege bringen.

Im Zuſammenhang hiermit ſei noch erwähnt, daß Dominanten auch latent bleiben können, wenn die äußeren Bedingungen ihrer Wirkſamkeit fehlen. Die Arbeitsdominanten

Digitized by Google

der Kohlensäureassimilation treten im Dunkeln nicht in Tätigkeit; auch die Entwicklungsdominanten mancher Blüten regen im Dunkeln sich nicht, weil für die Bildung jener Blüten die Mitwirkung des Lichtes erforderlich ist. Dies hat man bisher so erklärt, daß im Dunkeln die Bildung der (hypothetischen) blütenbildenden Stoffe unterbleibe. —

In dieser Auffassung, die nichts zu tun hat mit der alten durch und durch unklaren und mit Recht zurückgewiesenen Theorie der Lebenskraft, glaube ich nicht etwa einen Verzicht auf die Erklärung des Wesens der Organismen ausgesprochen, sondern eine Vertiefung der Einsicht in dasselbe angebahnt zu haben.

Nicht besondere Energien sind es, die uns in den Organismen in Erstaunen setzen, sondern die Beherrschung dieser allgemeinen materiellen Kräfte, welche in den Tieren und Pflanzen zu Tage tritt, verdient unsere Bewunderung. Denn die gleichen Kräfte finden sich auch in der Welt der Gesteine, der Gewässer, der Luftarten; aber nur unter der Herrschaft der Dominanten können diese Kräfte die Organismen aufbauen und erhalten.

Bei einfachen Formen sind die Gestaltungs- beziehungsweise Entwicklungsdominanten einfach, bei komplizierten sind sie kompliziert. Bei diesen haben wir Dominanten höherer und niederer Ordnung zu unterscheiden, je nachdem es sich, z. B. im Säugetierkörper, um die Entwicklung eines Gewebes, eines Organs oder des Gesamtorganismus handelt. Im Aufbau eines Kaninchens wirkt ein Heer zahlloser Dominanten zusammen, die vielleicht Differentialdominanten genannt werden könnten; würde man dann abgekürzt von einer Entwicklungsdominante des Tieres sprechen, so wäre sie das Integral jener Differentiale. So könnte man auch die Dominanten, die in einer Pflanze herrschen, vergleichen den Millionen verschiedener Geister, Individuen, Familien, Ständen u. s. w., die eine Nation ausmachen und ihren Nationalcharakter, ihr Nationalgefühl bestimmen.

Digitized by Google

Wie man das Wort aber auch anzuwenden belieben mag, den Begriff der Dominanten halte ich für unentbehrlich, wenn es gilt, die wesentlichen Eigenschaften der Organismen zusammenzufassen. Ob es in der Zukunft möglich sein wird, diesem Begriffe eine festere Gestalt zu verleihen, ihn vielleicht in mehrere gleichwertige zu zerlegen, mag dahingestellt bleiben. Nur davon bin ich überzeugt, daß es zur Zeit keinen vollwichtigen Ersatz dieses Begriffes gibt. Namentlich erscheint es mir als ein Irrweg, wenn man versucht hat, der Wechselwirkung und gegenseitigen Beeinflussung der Teile im Organismus und der jeweiligen Konfiguration eines Stadiums — oder der „Konstellation", wie es Fechner genannt hat — einen lenkenden Einfluß auf die Entwicklung eines Organismus zuzuschreiben. Die immanente Intelligenz, die in der Entwicklung eines Tieres, einer Pflanze sich äußert, ist dadurch nicht zu ersetzen. Wenn eine Taschenuhr zur Hälfte fertig geworden ist, so ist die erreichte Konstellation unzweifelhaft notwendige Bedingung, um jene andere Konstellation zu erreichen, in der sie zu drei Vierteln fertig ist; allein auf die intelligente Arbeit des Uhrmachers kann nicht verzichtet werden, damit die erste in die zweite Konstellation übergehe. In dem sich entwickelnden Organismus ist die Konstellation eines gegebenen Zustandes so gut Bedingung für den Fortgang der Entwicklung wie das Vorhandensein und die Arbeit der erforderlichen Energie; allein Lenkerin der Entwicklung kann die Konstellation niemals sein. Die Entwicklungskonstellation eines Zeitdifferentials kann die des nächsten Zeitdifferentials so wenig hervorbringen, wie die in den Neubau eines Hauses eingesetzten Fensterrahmen die Glasscheiben hervorbringen können. Die Konstellation vermag in der Entwicklung eines Tieres oder einer Pflanze weder für sich allein noch in Wechselwirkung mit äußeren energetischen Agentien eine Gestaltungsdominante zu ersetzen. „Wenn drei zu vier addiert", sagt Lotze einmal, „die Zahl sieben gibt, so schreibt niemand der Drei oder Vier eine siebenbildende Kraft zu."

Digitized by Google

Gewiß soll hierbei nicht in Abrede gestellt werden, daß die Dominanten der Organismen bestimmte Konfigurationen in den Zellen und Geweben zur Voraussetzung haben, wie die Dominanten einer Taschenuhr, einer Mühle, einer Lokomotive durch eine bestimmte Konfiguration dieser Maschinen zustande gebracht werden. Die hohe Bedeutung der Konfiguration des Organismus wird durch diesen Vergleich in ein genügendes Licht gerückt; allein wie über der Struktur der Maschine nicht übersehen werden darf die Intelligenz des Verfertigers und die intelligente Zwecktätigkeit, die derselbe in sie hineinlegte, so wenig darf man von der Konfiguration einer Entwicklungsstufe einer Pflanze oder eines Tieres die Erzeugung der nächstfolgenden Stufe erwarten.

Man hat die Hypothese aufgestellt, daß die Bildung jedes Teils und jedes Organs in der Pflanze durch einen besonderen, irgendwo in der Pflanze erzeugten Stoff hervorgebracht werde; danach müßten es z. B. besondere Stoffe veranlassen, daß in den Blüten der meisten Orchideen nur ein Staubgefäß in der Stellung des äußeren, bei Cypripedium dagegen zwei Staubgefäße in der Stellung des inneren Kreises entstehen. Ich teile diese Hypothese nicht; allein will man sie zulassen, so scheint es mir auch unerläßlich, Dominanten anzunehmen für die Bildung jener so wunderbar wirkenden Stoffe, die mit unfehlbarer Sicherheit ihren Weg zu den betreffenden Stellen in der Orchideenblüte zu finden wissen.

Ich räume ein, daß wir in der Aufstellung des Begriffes der Dominanten die Erscheinungen von uns aus, von menschlicher Anschauung aus, erklären; aber ist nicht jede Vorstellung, jede Kenntnis, die wir von einer Naturerscheinung, einem Naturgesetze haben, eine menschliche? Ist nicht am Ende der Begriff des Naturgesetzes selbst ebenso menschlich, um nicht zu sagen anthropomorph, wie derjenige der Dominanten?

Digitized by Google

Kapitel 25.

Kosmische Intelligenz.

Es ist über jeden Zweifel erhaben, daß in den Maschinen nicht nur die blind wirkenden Energien tätig sind, sondern daß sich auch Zwecke und Absichten in ihnen verwirklichen, deren Dasein ohne einen vernünftigen Urheber undenkbar wäre. Diesen Urheber kennen wir; es ist die menschliche Vernunft, die den Maschinen transzendent gegenübersteht, sie ins Leben ruft, sie zu ihren Verrichtungen geschickt macht, sie durchgeistigt.

Das zweckmäßige und vernünftige Wirken der Dominanten in den Pflanzen und Tieren berechtigt zu dem Schlusse oder nötigt uns vielmehr zu der Folgerung, daß auch die Organismen einer transzendenten Intelligenz ihr Dasein verdanken. Diese Intelligenz ist unzweifelhaft eine andere als die des Menschen, sie verhält sich aber der menschlichen Vernunft analog; darum mag sie als kosmische Vernunft bezeichnet werden. Die Annahme einer solchen kosmischen Vernunft halte ich für notwendig, für eine unmittelbare logische Konsequenz aus der nicht zweifelhaften Maschinenarbeit und Maschinenstruktur der Organismen.

Es handelt sich hier um ein uraltes Problem, über dem die Menschen von jeher gegrübelt. Frühzeitig hat man aus der Beobachtung der Natur und aus dem Nachdenken über dieselbe die gleiche Antwort auf die Frage gefunden, die auch hier erteilt wurde. Von jeher handelte es sich um die Alter-

Digitized by Google

native: ist aus dem Chaos, d. h. der anorganischen Natur mit ihren blind wirkenden Energien, der Kosmos der belebten Welt durch den Zufall oder durch Vernunft hervorgebracht worden.

Ich werde einstweilen die Kritik der Zufallshypothese beiseite lassen, da ich im nächsten Kapitel mich eingehend mit derselben zu beschäftigen habe. Hier möchte ich nur meine Überzeugung in ganz allgemeiner Fassung aussprechen und begründen, daß in den Organismen mit der Verkettung ihrer Organe — z. B. Augen, Gebiß, Lunge, Darm, Magen, Beine, Skelett —, mit ihrem genau berechneten Zusammenwirken, eine lenkende Absicht, eine transzendente Vernunft die Ziele gesteckt, die Wege gewiesen, die Mittel geordnet hat. Diese kosmische Vernunft, die wir nicht tasten und sehen können, weil sie hinter den Dingen steht, ist kein Trugbild, kein Erzeugnis des Glaubens oder Aberglaubens, sondern eine durch einen Analogieschluß gewonnene Erklärung der Erscheinungen, die uns umgeben und auf unsere Sinne wirken. Nur durch diese Erklärung werden die Organismen begreiflich.

Man könnte sagen: die Dominanten in den Organismen sind die immanente, die kosmische Vernunft ist die transzendente Seite des gleichen Prinzips. Beide sind so wenig mystische Begriffe wie die menschliche Vernunft; denn alle drei sind Abstraktionen, wie die Begriffe Energie, Bewegung, Kraft und Materie es sind. Die Annahme eines Kausalnexus zwischen der kosmischen Vernunft und einer Pflanze ist genau so mystisch oder unmystisch wie die eines Kausalnexus zwischen der Intelligenz des Technikers und einem Gasmotor.

Wir könnten die kosmische Vernunft auch Weltseele nennen, das wäre eine Personifikation des Begriffs. Mir scheint dies überflüssig zu sein. Aber wie wir den Begriff auch formulieren, immer sind wir genötigt, ihn als wesentliche Ursache für den Aufbau lebendiger Wesen anzuerkennen; wie wir menschliche Vernunft für den Bau einer Orgel, eines

Digitized by Google

Telephons verantwortlich machen. Die Berechtigung dieses Analogieschlusses halte ich für unzweifelhaft; ich verweise in dieser Beziehung auf Stuart Mill, welcher sagt*):

„Wenn wir nach einer häufigen Beobachtung von B finden, daß es mit A in neun von zehn bekannten Eigenschaften übereinstimmt, so können wir mit einer Wahrscheinlichkeit von neun zu eins schließen, daß es eine jede abgeleitete Eigenschaft von A ebenfalls besitzen wird. Wenn wir z. B. ein unbekanntes Tier oder eine unbekannte Pflanze entdecken, welche einer bekannten Pflanze in der größten Anzahl der Eigenschaften, welche wir daran entdecken, ähnlich, in wenigen aber davon verschieden ist, so dürfen wir mit Recht erwarten, in dem nicht beobachteten Rest ihrer Eigenschaften eine allgemeine Übereinstimmung mit den Eigenschaften der ersteren, aber auch einen der Größe der beobachteten Abweichung proportionalen Unterschied zu finden."

Der Unterschied zwischen den von mir verglichenen Maschinen und Organismen ist allerdings groß genug; indes ist derselbe doch nur ein solcher, daß für die Herstellung einer lebenden und sich fortpflanzenden Zelle ein außerordentlich viel höherer Aufwand von Intelligenz erforderlich sein muß als für die Herstellung der kompliziertesten Maschine. Denn je größer die Zahl der Komponenten im physiologischen Geschehen ist, je mehr Selbstregulatoren im Organismus mitwirken, um so bewunderungswürdiger muß die Vernunft sein, die diesen Organismus schuf und alles in Einklang setzte. Darum ist die kosmische Vernunft mindestens so hoch über der menschlichen erhaben, wie die erbliche Organisation eines Tiers über einer Maschine steht.

Alle Tatsachen sprechen dafür, daß die kosmische Vernunft in ihrem Schaffen und Wirken sich nur der Naturkräfte bedient, die in der anorganischen Welt herrschen, der Energien. Darin verhält sie sich der maschinenbauenden menschlichen Vernunft wiederum gleich. Die zweckmäßig wirkenden Organe der Tiere und Pflanzen werden unmittelbar durch blind wirkende Energien hervorgebracht und nur mittelbar

*) System der Logik II. S. 101.

Digitized by Google

durch die von der kosmischen Vernunft eingesetzten Dominanten. Durch letztere verkörpert sich in den Organismen ein Ausfluß ihres Wesens, um darin fortzuwirken. Allein, auch dieses Wirken ist nur möglich unter Aufnahme von Energie, ohne die jedes Leben zum Stillstande kommen muß, wie der Betrieb einer Maschine. Die aufgenommene Energie wird fort und fort durch den Lebensprozeß verzehrt, d. h. in andere Energieformen verwandelt, weil sie dem Erhaltungsgesetze unterliegt. Die als der Ausfluß kosmischer Vernunft anzusehenden Dominanten zehren sich aber nicht auf, solange das Leben einer Zelle dauert; wie auch die in einer Taschenuhr verkörperte menschliche Intelligenz sich nicht aufzehrt, bis das Räderwerk abgeschliffen ist und die Uhr darum nicht weiter gehen kann. Beide immanente Intelligenzen unterliegen auch aus diesem Grunde nicht dem Gesetze der Erhaltung der Energie.

Daß die transzendente kosmische Vernunft gleichfalls nicht dem Erhaltungsgesetz unterworfen ist, dürfte unzweifelhaft sein. Sie braucht so wenig durch Energie gespeist zu werden, wie sie an Raum und Zeit gebunden ist. Ihrem Wesen nach bleibt sie für uns ein unlösbares Problem, weil wir sie nur aus ihren Wirkungen erschließen, nicht aber sie selbst unmittelbar wahrnehmen können. Freilich gilt ein gleiches auch von der menschlichen Vernunft.

Es bestehen unfraglich bedeutende Unterschiede zwischen der menschlichen und der kosmischen Vernunft und zwischen den Bedingungen ihrer Existenz. Für die erstere kennen wir einen sinnlich wahrnehmbaren Träger, den menschlichen Körper; für die letztere kennen wir einen solchen Träger nicht. Das ist ein Unterschied, über den viele nicht hinwegzukommen vermögen. Zwar ist die menschliche Vernunft so unsichtbar wie die kosmische; aber das Werkzeug unserer Vernunft, das Gehirn mit seinen Anhängseln, den Nerven und Muskeln, können wir betasten, wägen, zerschneiden, chemisch analysieren. Ein solches Organ der kosmischen Vernunft läßt sich nicht nachweisen. Sie befindet sich im Weltall, weiter wissen wir darüber

Digitized by Google

nichts. Indessen scheint mir das keinen Grund abgeben zu können, uns gegen die Annahme, gegen das Dasein derselben zu sträuben. Ich gebe zu, es liegt da eine Schwierigkeit für unser Erkennen und Begreifen; doch wie können wir beanspruchen, daß das Wesen der kosmischen Vernunft begreiflich für uns sei? Wie, wenn auch die Katzen den Anspruch erheben wollten, daß sie alles begreifen müßten, was der Mensch begreifen kann? Daß sie unsere Vernunft begreifen müßten? Würden wir solchen Anspruch nicht belächeln und für unberechtigt erklären? Mit welchem Rechtstitel halten wir uns aber für das être suprême? Können, dürfen wir einen solchen Ranganspruch erheben?

Warum soll nicht etwas hinter den Dingen sein, das wir nicht tasten und sehen können? Steht nicht die menschliche Vernunft auch hinter den Kulissen des Körpers? Sollte es jemand wagen, als Merkmal der Intelligenz aufstellen zu wollen, daß sie einen sichtbaren Träger haben muß?

Wir Menschen sind den Organismen und ihrem Urheber gegenüber in der Lage eines Geistes, von dem wir annehmen wollen, daß er auf die Erde hinabsteigt, als gerade durch Zauberei alle Menschen von ihr entrückt sind, während die Maschinen lustig fortarbeiten: die Uhren gehen, die Windmühlen drehen sich, die Eisenbahnzüge fahren. Würde ein solcher Geist nicht das Recht haben, aus der Struktur und den Leistungen der Maschinen auf die Vernunft ihrer Urheber zu schließen, auch wenn ihm diese selbst verborgen blieben?

Man hat eingewandt, daß wir die Naturforschung aufgeben müßten, wenn wir die prinzipielle Begreifbarkeit der Natur nicht zur Voraussetzung machten. Dieser Auffassung kann ich nicht beistimmen. Begreifen wir denn die Schwerkraft, die Kohäsion, die chemischen Zugkräfte, die Einwirkung unseres Willens auf die Muskeln, das Denken, die menschliche Vernunft? Besitzen wir irgend eine Handhabe dafür, um zu entscheiden, ob diese Dinge prinzipiell unbegreiflich sind oder nur deshalb, weil wir bis jetzt noch nicht dahinter kamen?

Digitized by Google

Wissen wir, ob das Wesen der kosmischen Vernunft unbegreiflicher ist als das der menschlichen, ob es überhaupt prinzipiell für uns Menschen unbegreiflich ist oder nur darum, weil es unseren Sinnen nicht zugänglich ist? Läßt doch die menschliche Vernunft auch keine Analyse zu mit chemischen und physikalischen Mitteln!

Eine höhere Intelligenz als die des Menschen will man auch darum nicht gelten lassen, weil sie übernatürlich sei. Was heißt übernatürlich? Ich glaube, dies Wort oder dieser Begriff gehört zu den wenigst geklärten unserer Sprache. Übernatürlich dürften wir eigentlich jedes Wesen nennen, das die Naturkräfte zu lenken, in den Machtbereich seines Willens zu bannen weiß. Das tut aber die Vernunft des Menschen, wenn sie Eisenbahnen und Luftballons baut, Telephone und Musikinstrumente, Mikroskope und Kanonen hervorbringt. Dennoch gilt die menschliche Intelligenz für etwas Natürliches und nicht für übernatürlich.

Die Lehre von der kosmischen Vernunft ist uralt, deshalb ist auch die Zahl der dagegen erhobenen Einwände beträchtlich. So hat man gesagt, ihre Annahme vertrage sich darum nicht mit dem Probleme der Naturforschung, weil dann nicht Gesetze, sondern Willkür die Natur regieren würde; es würde dann gar keinen Sinn haben, nach Naturgesetzen zu suchen, was doch das Ziel der Naturforschung sei. Auch dieser Einwurf verkennt die Vorstellung, welche mit dem Walten der kosmischen oder Weltvernunft zu verbinden ist. Die Weltvernunft wirkt *nur* im Rahmen der Naturgesetze und mit den Mitteln der Naturkräfte; jene sind ihre eigenen Gesetze, diese die Soldaten, die sie als Feldherr verwendet, wie der Maschinenbauer die mechanischen Energien und die Eigenschaften der Metalle. Auch der letztere übt Willkür, sofern er den Energien ihre Richtungen anweist und den Teilen der Maschine eine zweckmäßige Form erteilt; aber diese Willkür ist an die unveränderlichen Naturgesetze gebunden und durch sie eingeschränkt. So kann auch die Weltvernunft sich nicht

Digitized by Google

mit den eigenen Gesetzen in Widerspruch setzen; wie keine Theologie es zulassen wird, daß der ideale Gott der modernen Kulturvölker im stande sei, Böses zu tun. Eine Heeresleitung, welche die Gesetze der Strategie und die Ordnung des Heeres fortwährend verletzte, wäre ein Unding. Nur um die Beugung der Naturkräfte unter einen ebenso mächtigen wie intelligenten Willen kann es sich handeln bei der Erschaffung der Organismen durch die Weltvernunft, nicht aber um eine Durchbrechung der Naturgesetze. Von letzterer sprechen zu wollen, wäre ein ebenso großer Unsinn, als wenn man behaupten wollte, der Uhrmacher durchbräche die Naturgesetze, weil ohne sein intelligentes Eingreifen die Naturkräfte allein erfahrungsgemäß und — ich füge dies ausdrücklich hinzu — prinzipiell außer stande sind, eine Uhr zu erzeugen. Wenn man durchaus grobsinnlicher Bilder bedarf, so stelle man sich die kosmische Vernunft nur vor als einen unsichtbaren Weltuhrmacher, gerade so unsichtbar, wie die irdischen Uhrmacher sein würden, wenn wir sie uns ausgestorben denken wollten, während die Uhren weiter bestehen. So wenig wie Watt und Edison die Naturgesetze durchbrachen bei der Schöpfung ihrer wundervollen Apparate, so wenig tat dies die Weltvernunft, als sie die Pflanzen und Tiere ins Leben rief. Darum wirkt die Weltvernunft strenge im Rahmen der Kausalität, sie ist selbst die höchste Kausalität, die oberste Ursache in Bezug auf das Dasein der Organismen; mag die Eigenart ihres Wirkens noch so wunderbar sein.

Daß die Gesetze des Naturgeschehens unverletzlich sind, ist eine Voraussetzung der Naturforschung, zu welcher sie durch ihre gesamte Erfahrung gelangt ist. Sollte die Erfahrung künftiger Zeiten einmal ergeben, daß diese Voraussetzung nicht ausnahmslos gültig ist, so würde auch der Naturforschung nichts übrig bleiben, als sie fallen zu lassen. Daß dies je geschehen werde, ist wegen unserer bisherigen, übereinstimmenden Erfahrung im höchsten Grade unwahrscheinlich — mehr läßt sich nicht sagen. Ich gehe aber soweit, zuzugeben, daß, wenn eine Abweichung des Geschehens von einem Naturgesetze einmal

Digitized by Google

festgestellt werden sollte, ich überzeugt sein würde, wir hätten uns über jenes Naturgesetz bis dahin in Täuschung befunden, der betreffende Erscheinungskomplex sei gar kein Naturgesetz; aber ich würde mich sträuben, die gelegentliche Aufhebung oder Suspension eines wirklichen Naturgesetzes daraus zu folgern.

Man hat ferner gesagt, daß mit Heranziehung einer kosmischen Vernunft für die Erklärung der Welt nichts gewonnen werde, daß sie überflüssig sei, weil alles schon ohne sie durch die Naturkräfte geschehe. Dieser Einwand ist wohl der kurzsichtigste von allen. Die Naturkräfte, welche man gegen die Weltvernunft ausspielt, sind Kräfte erster Hand, blind wirkende Energien, die, ohne von Kräften zweiter Hand gelenkt zu werden, schon keine Maschine, geschweige denn einen Organismus zu bilden im stande sind. Will man aber auch die Dominanten, die Kräfte zweiter Hand, zu jenen „Naturkräften" rechnen, nun wohl, dann schließe man auch die Weltvernunft von ihnen nicht aus, denn sie ist in Bezug auf die Bildung der Pflanzen und Tiere die Kraft letzter Hand. Es ist unzweifelhaft: ein Agens, das die Richtung der Energien harmonisch und zielstrebig lenkt und bestimmt, müssen wir intelligent nennen. Das geschieht aber im Organismus, der ohne solche innere Steuerung einen Wirrwarr verschiedenartiger, sich durchkreuzender Energien darstellen würde.

Besonders häufig haben sich Bedenken gegen die Weltvernunft aus dem Grunde erhoben, weil man nicht wisse, wo wann und wie sie in das materielle Getriebe eingreife. Gewiß, das ist im wesentlichen unbekannt. Aber sind denn alle Rätsel, welche die Natur uns aufgibt, schon gelöst? Sind sie überhaupt lösbar? Ich habe ausdrücklich anerkannt, daß wir die Weltvernunft nur aus ihrem Wirken in den Organismen erschließen können. Dort wirkt sie von innen heraus, ihr Angriffspunkt liegt im Innern; nur das, was sie als immanentes Prinzip für die Organismen leistet, ist in den Dominanten erkennbar, und wir folgern nur aus Analogie mit den Maschinen einen transzendenten Ursprung dieser immanenten

Digitized by Google

Motive. In Bezug auf die Zeit des transzendenten Eingreifens der Weltvernunft scheint es, daß sie in der gegenwärtigen Phase der Erdgeschichte nicht stattfindet, doch werde ich im nächsten Kapitel Anlaß haben, auf diese Frage zurückzugreifen. Daß unbegreifliche kosmische Einwirkungen auf die Materie in zeitlicher Begrenzung vorkommen, legen verschiedene Erscheinungen nahe. Sowohl die Entstehung kosmischer Nebel, die wir uns vielleicht als eine feine Zerstäubung endgültig abgekühlter Sonnensysteme vorstellen können, als auch der Bewegungsimpuls, der solche Nebel zu neuen Sonnensystemen ballt, dürfen möglicherweise mit der Erschaffung der Organismen auf eine Linie gestellt werden. — Das Wie? der transzendenten Einwirkung ist auch nicht rätselhafter als das Wie? der Einwirkung der immanenten Dominanten auf die von den Tieren und Pflanzen dargestellten materiellen Systeme, und solcher Rätsel gibt es in der Natur eine große Zahl; vom Wie? des Einwirkens der Gravitation auf den Stein bis zum Wie? des Einwirkens des Willens auf die Muskeln und des Haftens der Gedächtniseindrücke im Hirn. Wie Intelligenz auf Materie und auf energetische Kräfte einwirkt, entzieht sich unserem Wissen und unserer Vorstellung in jedem Falle; mag die Intelligenz sein, welcher Art sie will, tierisch, menschlich oder übermenschlich. Wie menschliche Klugheit und menschlicher Wille etwas Zweckmäßiges schaffen können durch das Medium von Muskeln und Nerven, bleibt uns rätselhaft; nur die Tatsache steht fest. Und wenn man fragt, wie die Entwicklungsdominanten auf die Zellen eines Embryo wirken, um ihn zum Frosch oder zum Hühnchen zu gestalten, so fragen wir in gleicher Weise vergeblich danach, wie die kristallbildenden Kräfte es anfangen, die Moleküle des Kochsalzes in der Form eines Würfels zusammenzufügen.

Ich glaube, daß in der Lehre von der kosmischen Vernunft eine Kausalerklärung für das Dasein der Pflanzen und Tiere gegeben ist; ich glaube nicht, daß dem Kausalitätsbedürfnis in höherem Maße genügt würde, wenn es möglich

Digitized by Google

wäre, die Bildung der Organismen aus chemischer oder physikalischer Energie, aus blindwirkenden Molekularkräften zu erklären. Ich halte die neuerdings immer mehr in den Vordergrund getretene Entwicklungsmechanik für eine höchst wichtige und dankenswerte Richtung der physiologischen Forschung, weil sie die mechanischen Bedingungen der Entwicklung erforscht — keineswegs aber alle ihre Ursachen. Allein, wenn die Entwicklungsmechanik einmal ihre Aufgabe gelöst, ihre Probleme vollkommen beendet haben sollte, wird sie doch immer nur gezeigt haben, in welcher Weise die intelligenten Kräfte sich mechanischer Mittel im Aufbau der Tiere und Pflanzen bedienen: sie wird nur, um im Bilde zu sprechen, dargetan haben, mit welchen Mitteln der Zimmermann die Balken bearbeitet und transportiert, um sie zweckmäßig zum Hause zusammenzufügen.

Schon im rein mechanischen Geschehen bringt die Kausalität es keineswegs mit sich, daß wir immer orientiert sein müssen über das Wo, das Wann und das Wie der ansetzenden Kräfte.

Wenn wir letztere aus ihren Wirkungen erkennen, so sind wir darum noch nicht befugt, zu verlangen, daß sie auch in anderer Weise sichtbar werden. Ein gleiches gilt von der kosmischen Intelligenz. Als Bedingung unserer Anerkennung können wir unmöglich die Forderung stellen, daß sie sich uns anders zeige als so, wie sie es nun einmal tut.

Daß wir auf alle Fragen, die das Leben betreffen, sogleich die Antwort bereit haben, kann nur derjenige fordern, dem die Physiologie wenig bekannt geworden ist. Der Physiologe wird wenige Gebiete seiner Wissenschaft kennen, wo er nicht auf zahlreiche Fragen, die verhältnismäßig einfache Dinge betreffen, mit einem: „das weiß ich nicht“ antworten muß. Wenn man daher verlangt, zu erfahren, auf welche Weise die kosmische Intelligenz die Organismen gebildet habe, und wenn man darum, weil das nicht angegeben werden kann, die Theorie der kosmischen Vernunft verwirft, so gleicht dies auf ein Haar dem Tun eines Menschen, der zu wissen verlangt, wie durch

Digitized by Google

molekulare Vorgänge aus dem Salz ein Kristall und aus dem Ei ein Vogel wird, und der, wenn man ihm das nicht sagen kann, erklärt, er glaube dann überhaupt nicht an molekulare Vorgänge.

Es sind noch mancherlei Einwände gegen die Annahme einer Weltvernunft erhoben worden, von denen mir einige geradezu absurd erscheinen. So hat man sie dadurch entbehrlich zu machen geglaubt, daß man die Zweckmäßigkeit für eine inhärente Eigenschaft der Materie erklärte, die aber nur in den Organismen sich äußere. Gerade so gut könnte man das Denken für eine inhärente Eigenschaft der Materie erklären, die aber nur im menschlichen Hirn sich zu äußern vermag.

Wie durch blinde Energien ein Tier oder eine Pflanze soll werden können, ist meines Erachtens völlig unfaßlich. Will man etwa die Intelligenz als Ursache streichen, weil der Vorgang ohne Intelligenz leichter begreiflich ist?

Die Anhänger einer solchen Doktrin dürften vor allem nicht zugeben, daß die Organismen Maschinenstruktur besitzen. Tun sie dies, so kommen sie ohne die intelligent wirkenden Kräfte zweiter Hand nicht aus. Darum ist jede materialistisch gedachte Maschinentheorie des Lebens inkonsequent; denn sie übersieht den Kern der Sache und bricht ab, wo der wichtigere Teil der Analogie beginnt. Eine solche Theorie ist nur konsequent, wenn sie die Analogie ausdehnt bis auf die kausale Intelligenz. Der Materialismus muß daher vor allen Dingen und in erster Linie die Maschinenstruktur der Pflanzen und Tiere leugnen, will er nicht das Fundament preisgeben, auf dem er steht.

Bei den Gegnern der kosmischen Vernunft sind offenbar der Wunsch und das Vorurteil maßgebend, daß man alles Naturgeschehen „mechanisch" erklären müsse; ein seltsamer Hochmut bäumt sich im Menschen gegen die Zumutung auf, neben der eigenen noch eine andere, nicht nur ebenbürtige, sondern sogar überlegene Intelligenz anzuerkennen. Darum neigt er die eigene Intelligenz lieber vor einem zufälligen Walten blind wirkender Energien.

Digitized by Google

Der Versuch, die kosmische Vernunft als eine nur scheinbare nachzuweisen und damit zu beseitigen, ist mit großem Aufwand von Geistesarbeit unzählige Male versucht worden. Ich bin jedoch der Meinung, daß alle diese Versuche mißglückten, und daß, je tiefer wir in die Geheimnisse der Physiologie eindringen, für uns die Annahme der schöpferischen Tätigkeit einer über den Organismen stehenden Weisheit immer notwendiger wird. Mag auch die kosmische Vernunft eine Hypothese sein, eine auf Wahrscheinlichkeitsgründen beruhende Hypothese, — ich halte es für ausgeschlossen, daß dieselbe durch eine bessere Hypothese zu ersetzen ist. Gewiß hat jede Hypothese, die sich weder direkt beweisen noch weniger aber widerlegen läßt, ihre großen Nachteile. Sie kann aber auch ihre Vorzüge haben; und die Hypothese, daß die Energien ausgereicht haben, im Spiel des Zufalls die Organismen ins Leben zu rufen und darin zu erhalten, halte ich für so überaus unwahrscheinlich, daß sie mir völlig wertlos erscheint, was im nächsten Kapitel noch näher zu begründen sein wird. Treffend wägt Krönig den Wert jener beiden Hypothesen gegeneinander ab in folgenden Worten:

„Die Hypothese, nach welcher die organische Natur durch eine vorher existierende Intelligenz erschaffen sein soll, leidet freilich insofern an einem großen Mangel, als sie nicht Rechenschaft darüber zu geben im stande ist, woher jene Intelligenz stammt. Dagegen besitzt sie den enormen Vorzug, daß sie die Tausende und Millionen von Rätseln der organischen Natur mit einem einzigen Schlage auflöst. Bei der Zufallshypothese ist das Verhältnis genau umgekehrt. Die Millionen Rätsel der organischen Natur bleiben ungelöst. Denn das Ignorieren eines Rätsels kann man doch keine Lösung nennen. Das Problem über den Ursprung der ersten schaffenden Intelligenz dagegen existiert allerdings nicht mehr."

Machen wir die Hypothese der kosmischen Vernunft zu der unsrigen, so haben wir drei Arten von intelligenten Kräften: erstens tierische, z. B. die des dressierten Pudels oder des Fuchses, der seine Beute beschleicht; zweitens menschliche; drittens kosmische. Alle drei sind unsichtbar, und wir folgern

Digitized by Google

sie aus ihren Werken; die beiden ersteren besitzen einen sichtbaren Träger, die letztere nicht. Alle drei lassen sich bringen unter den allgemeinen Begriff der Intelligenz schlechtweg, wie wir durch Abstraktion von den Einzelenergien den Begriff Energie gewinnen. Intelligenz und Energie aber sind die bewegenden Kräfte der Welt.

Ob die kosmische Vernunft sich in einer für uns erkennbaren Weise noch auch anderen Gebieten als auf dem der Organismen betätigt, soll hier nicht näher geprüft werden. Daß die Vorbedingungen und der Anstoß zur Bildung von Sonnensystemen für uns rätselhaft sind und vielleicht in einem Eingreifen kosmischer, intelligenter Gewalt ihre Erklärung finden, wurde bereits ausgesprochen. Viele der größten Naturforscher haben in diesem Sinne ihre Stimme abgegeben. Ich möchte zwei statt vieler anführen. So erklärt Robert Boyle*), das Weltall müsse so gut wie die Uhr am Münsterturm in Straßburg einen intelligenten Urheber haben. Karl Ernst von Baer tut den folgenden Ausspruch**), mit welchem ich diese Studie beschließe.

„Der Zufall kann nichts Fortgehendes schaffen, sondern nur zerstören. Diese Harmonie (der Natur) löst sich nach unserer Ansicht auf in Ziele und Naturgesetze als Mittel zur Erreichung derselben. Die Gabe, Ziele und Zwecke zu verfolgen und die Mittel dazu auszuwählen, nennen wir Vernunft. Ich berufe mich auf keine philosophische Definition der Vernunft, sondern darauf, daß der allgemeine Sprachgebrauch einen Menschen unvernünftig nennt, der nicht zweckmäßig handelt. Ist diese Anwendung des Wortes Vernunft richtig, so müssen wir zum Schlusse behaupten: die ganze Natur wirkt vernünftig, oder sie ist der Ausfluß einer Vernunft, oder, wenn wir den Urgrund aller Wirksamkeit mit der Natur uns vereint denken: die ganze Natur ist vernünftig."

---

*) Exercitationes de utilitate philos. natur. IV. (1692.)

**) Studien S. 229. (1876.)

Digitized by Google

Kapitel 26.

Die Frage der Urzeugung.

Wenn wir annehmen, daß die Erde einmal glühend war, so müssen wir folgern, daß die langen Ketten der Generationen von Pflanzen und Tieren, die alle durch Fortpflanzung auseinander hervorgingen, in der Vergangenheit zurückführen auf Organismen, die keine Eltern besaßen, sondern als erste aus den Bestandteilen der Erdrinde sich formten. Für diese hypothetische elternlose Entstehung von Pflanzen und Tieren ist das Wort Urzeugung in Gebrauch. Der in älteren wissenschaftlichen Werken dafür übliche Ausdruck generatio spontanea geht begrifflich über Urzeugung hinaus; er vertritt zugleich den Gedanken, daß diese ersten Organismen „von selbst" entstanden sein sollen, d. h. nicht nur ohne Mitwirkung anderer Organismen, sondern auch allein durch die im anorganischen Chaos vorhandenen Kräfte.

Die Frage der Urzeugung ist der Kern unserer ganzen Untersuchung. Sie ist das Zentralproblem, auf welches alle Strahlen konvergieren, welche die kausale Naturauffassung bilden. Die Urzeugung liefert uns die Stichprobe auf die Richtigkeit und Notwendigkeit der Konstruktionen des vorigen Kapitels; ihre Erörterung ist eine notwendige Ergänzung desselben.

Das Entstehen der Organismen durch Fortpflanzung können wir täglich beobachten. Der erste, elternlose Ursprung derselben vollzog sich ohne Zeugen; allein mit den ersten Zellen

Digitized by Google

entstanden auch die Dominanten, um sich durch all die vielen Generationsfolgen bis auf den heutigen Tag fortzupflanzen und auszubreiten wie Wellen, die ein ins Wasser geworfener Stein rings um sich her aussendet.

Schon Empedokles ließ die ersten Organismen durch die Wirkung der von ihm angenommenen Weltkräfte, Haß und Liebe, auf die vier Elemente entstehen; und zwar dachte er sich dies in der Weise vollzogen, wie ein Mechaniker erst die Teile bildet und daraus seine Maschine zusammensetzt. Es sollten von einem Tiere erst die einzelnen Organe entstanden sein, Augen, Ohren, Beine u. s. w., diese wären dann in den mannigfachsten Kombinationen zusammengefahren, unter denen sich auch die des zweckmäßig gebauten Tierkörpers befand; die letztere Kombination allein erhielt sich durch Fortpflanzung, während alle unzweckmäßigen Gebilde zu grunde gingen.

So brutal diese Vorstellung sein mag, es liegt doch in ihr das Zugeständnis, daß dieser Prozeß des Bildens von Organismen aus leblosem Material auf eine der Erfahrung des Menschen entrückte Vorzeit beschränkt gewesen sein muß. Das spätere Altertum dagegen glaubte größere Tiere, z. B. Frösche, zu jeder Zeit aus dem Schlamm der Teiche entstehen lassen zu dürfen, ein Irrtum, der durch sorgfältige Beobachtung sich aufdecken ließ, der aber bis in die neueste Zeit im Prinzip sich erhalten hat; nur daß man im Zeitalter des Mikroskops die Urzeugung auf die kleinsten und einfachsten Organismen einschränkte, auf die Infusorien und zuletzt auf die Bakterien. Daß letztere auch in der Gegenwart in einer an Eiweiß und Kohlenhydraten reichen Flüssigkeit elternlos gebildet werden können, wurde trotz der Arbeiten von Schwann und Pasteur noch in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts von angesehenen Naturforschern geglaubt; bis immer von neuem angestellte, einwurfsfreie Prüfungen die völlige Gewißheit darüber ergaben, daß der Satz: omne vivum ex ovo (jedes Lebewesen aus einem Ei) für die Bakterien ebenso Gültigkeit besitzt, wie für die höchst organisierte Pflanze und das vollkommenste Tier.

Digitized by Google

Es kann heute als durch die Erfahrung über jedem Zweifel festgestellt gelten, daß in der Gegenwart die Urzeugung einer Zelle selbst aus ihren organisch-chemischen Baustoffen nicht vorkommt. Hierdurch wird die Urzeugung in eine frühere Erdepoche zurückgeschoben, an die unsere Erfahrung nicht hinanreicht. Das Problem ist damit unserer Beobachtung entrückt, und nur unserem Nachdenken ist es in beschränktem Maße zugänglich geblieben.

Ich glaube, daß in dieser Einschränkung der Aufgabe ich mich allseitiger Zustimmung erfreuen werde. Ebenso dürfte man allgemein davon durchdrungen sein, daß, wenn im Anfang der Herrschaft des Lebens auf unserem Planeten Organismen aus anorganischen Stoffen und den an letzteren haftenden Kräften sich bilden konnten, dies schwerlich so hochorganisierte Wesen wie z. B. die Trilobiten und Brachiopoden gewesen sind, die in dem der Erfahrung zugänglichen Teil der Erdgeschichte als die ältesten Tiere dastehen. Wir müssen annehmen, daß höchst einfache Geschöpfe, also einzeln lebende Zellen, zuerst durch Urzeugung entstanden sind, und daß aus diesen erst die höheren Tier- und Pflanzenformen sich entwickelt haben. Es mag deshalb die Frage dahin präzisiert werden: Ist es denkbar, daß eine Zelle in der Vergangenheit einmal „von selbst" durch Urzeugung, durch generatio spontanea, aus anorganischem Materiale entstand?

Auch in dieser Zuschärfung besitzt das Problem noch einen doppelten Inhalt. Jede Zelle besteht aus einer großen Zahl organischer Verbindungen, den Eiweißkörpern, Kohlenhydraten, Fetten, dem Lecithin, Cholesterin u. s. w. In der Gegenwart erleben wir, daß diese Stoffe nur in lebenden Zellen erzeugt werden, teilweise auch in unserem Laboratorium durch die Tätigkeit der Chemiker. In der Urzeugung müssen aber diese Stoffe notwendig erst entstanden sein, um eine Zelle aufbauen zu können; darum haben wir zuerst nach der Herkunft des organischen Baumaterials, das wir uns der Einfachheit wegen durch Eiweiß und Kohlenhydrate repräsentiert

Digitized by Google

denken wollen, dann nach dem Aufbau der Zelle aus diesem Materiale zu fragen.

Zwischen beiden Aufgaben, der Erzeugung der organischen Baustoffe aus anorganischen Verbindungen und der Bildung der Zelle aus den Baustoffen, besteht ein gewaltiger Unterschied; er wird u. a. dadurch gekennzeichnet, daß die Lösung der ersteren auch der Intelligenz des Menschen wenigstens teilweise gelingt, die der letzteren aber nicht. Das Verhältnis der Baustoffe zur Zelle läßt sich vergleichen dem Verhältnis eines Vorrats von Lettern zu einem gedruckten Gedicht oder einer gelehrten Abhandlung.

Eiweiß und Kohlenhydrat können nur durch chemische Synthese entstanden sein. Das erstere besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel, wenn wir von den Phosphorproteinen der Vereinfachung wegen wiederum absehen. Als der Erdball sich hinreichend abgekühlt hatte, um die Synthese des organischen Stoffes zu ermöglichen — Eiweiß erträgt in dem allein in Betracht kommenden wasserdurchtränkten Zustande nicht einmal die Temperatur von 100 Grad ohne sich zu verändern — konnte der Kohlenstoff nur vorhanden sein als Kohlensäure, der Wasserstoff als Wasser, der Sauerstoff im Wasser und in der Luft, der Stickstoff als salpetersaures Salz und in der Luft, der Schwefel als schwefelsaures Salz; es sind das dieselben Substanzen, beziehungsweise Verbindungen, die auch jetzt noch als Nährstoffe von Pflanzen dienen. Es fehlt jeder chemische Grund, um annehmen zu können, daß nach Abkühlung der Erde die in Betracht kommenden Grundstoffe zunächst in anderen Verbindungen vorhanden gewesen sein könnten, namentlich in solchen, die dem Eiweiß und den Kohlenhydraten näher stehen.

An der Oberfläche des glutflüssigen Erdballs waren die Elemente ursprünglich zweifellos dissoziiert, d. h. unverbunden vorhanden, und erst auf einer gewissen Stufe der Abkühlung traten Verbindungen ein; z. B. mit Sauerstoff mußten alle diejenigen Elemente verbrennen, die überhaupt oxydierbar

Digitized by Google

waren, wobei auch keine niedrigen Oxydationsstufen, wie Kohlenoxyd oder salpetrige Säure Bestand haben konnten, da sie bei der immer noch großen Hitze zu Kohlensäure und Salpetersäure hätten verbrennen müssen. Nach dieser durch Temperaturerniedrigung des Erdballs herbeigeführten Periode der Verbrennung blieb dann der atmosphärische Sauerstoff als Restbestand übrig, weil es ihm an oxydabler Substanz gebrach, mit der er sich hätte verbinden können. Der Stickstoff blieb wahrscheinlich als Ganzes unverbunden, und der später entstandene Vorrat von salpetersauren, beziehungsweise salpetrigsauren Salzen hat sich erst durch die elektrischen Entladungen von Gewittern gebildet. Viel später wurde erst jene Stufe der Abkühlung erreicht, bei der keine Verbrennung mehr stattgehabt haben würde; allein da war das verbrennliche Material längst aufgezehrt. Wasserdurchtränktes Eiweiß, wie es in lebenden Organismen vorkommt, kann aber überhaupt nur bei einer Temperatur bestehen, die unterhalb 70 Grad liegt.

Die eine Annahme mache ich unbedenklich, daß die Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen damals keine anderen waren als jetzt, weil ich die Eigenschaften der Materie wie der Energien für unveränderlich halte. In dieser Beziehung können auch lange Zeiträume nichts ändern; und was hindert uns, eine Billion Jahre für eine Sekunde der Ewigkeit zu erklären?

Um Eiweiß bilden zu können, mußten die Kohlensäure, die Salpetersäure und die Schwefelsäure zunächst reduziert, d. h. sauerstoffärmer gemacht werden, ein Prozeß, der sich in den Pflanzen täglich vollzieht. Aber ohne Mitwirkung von Pflanzen bringen wir diesen Prozeß nur durch Einwirkung menschlicher Intelligenz zu Wege. Er gelingt nur dadurch, daß wir Stoffe auf diese Verbindungen einwirken lassen, die zum Sauerstoff eine größere Verwandtschaft haben, als der Kohlenstoff, der Stickstoff und der Schwefel. Solche Stoffe konnten aber in der durch Abkühlung entstandenen Erdrinde nicht vorkommen, denn sie hätten sich längst mit Sauerstoff

Digitized by Google

sättigen müssen. Das Vorkommen reduzierender Substanzen in jener Erdperiode ist schon ausgeschlossen durch den Satz der Energetik, daß jede Energieform das Bestreben hat, von Stellen höherer Intensität oder Spannung auf solche niedrigerer Intensität oder Spannung überzugehen, nicht aber umgekehrt; und damit dies geschehen kann, ist Vorbedingung, daß die Intensität der vorhandenen Energie an verschiedenen Stellen verschieden sei. War letzteres nun auch in der Phase der Dissoziation der Verbindungen in unserem Sonnensysteme der Fall, so mußte doch bei fortschreitender Abkühlung und dem Zusammentritt der Elemente zu Verbindungen ein Ausgleich der Spannung der chemischen Energie eintreten, wie er dem Zustande entspricht, den wir heute in den anorganischen Bestandteilen der Erdoberfläche kennen. Es erscheint aber vollkommen ausgeschlossen, daß in diesem Zustande eine Reduktion des Kohlenstoffs, Stickstoffs und Schwefels sich „von selbst" vollzog.

Allein machen wir einmal die überaus unwahrscheinliche Annahme, daß durch eine uns völlig unvorstellbare chemische Katastrophe jene Verbindungen reduziert wurden, so würde erst der für einen Chemiker schwierigere Teil des Problems beginnen; die Aufgabe nämlich, aus jenen reduzierten Stoffen Kohlenhydrate und Eiweiß synthetisch zusammenzufügen. Künstliche Herstellung von Eiweiß ist überhaupt noch nicht geglückt, indessen gebe ich die Möglichkeit seiner Synthese außerhalb der Organismen im Prinzip ohne weiteres zu. Dann bedürfte es einer zweiten, noch viel merkwürdigeren chemischen Katastrophe, um aus den durch Reduktion entstandenen Atomgruppen Eiweiß und Kohlenhydrat zu bilden. Beliebig zusammengeschüttete Moleküle würden das nie zu tun vermögen, und schon die Synthese des Zuckers bedarf verwickelt gerichteter chemischer Manipulationen. Was würde ein Chemiker dazu sagen, dem wir die Aufgabe stellen wollten, durch einfache Mischung der Ingredenzien Zucker oder Eiweiß sich bilden zu lassen? Er würde vermutlich antworten: Das geht nicht,

Digitized by Google

denn planlos irrende Atome und Moleküle werden diese Verbindungen niemals eingehen. Es kommt dabei auf ganz bestimmt gerichtete chemische Bewegungen an; die Entstehung von Zucker oder Eiweiß aus seinen Bestandteilen ist aber komplizierter, als eine gut gespielte Billard- oder Schachpartie.

Die chemischen Energien sind für sich allein zweifellos unzulänglich, die organischen Baustoffe der Pflanzen und Tiere aus anorganischem Material zu erzeugen. Dazu sind zielstrebende Richtungen der Bewegungen nötig, die nur hochgespannte menschliche Intelligenz zu erteilen vermag. Wieviel Nachdenken, Aufmerksamkeit und Gewandtheit gehört nicht dazu, eine schon mehrfach ausgeführte chemische Synthese zu wiederholen!

Wir würden also nur einem unvorstellbaren, höchst verwickelten Zufall es zuschreiben dürfen, wenn aus anorganischem Material ohne Eingreifen von Intelligenz Eiweiß und Kohlenhydrate entstehen sollten; einem Zufall von einem Grade der Unwahrscheinlichkeit, daß vermutlich jeder Chemiker sein Eintreten für unmöglich erklären wird. Denn in der leblosen Natur kennen wir keine Kräfte, die als ordnende Impulse auf das Zustandekommen labiler, d. h. verbrennlicher Kohlenstoffverbindungen hinwirken. Zudem würde der Vorgang, wie ich wiederhole, aus energetischem Gesichtspunkte undenkbar sein, weil in den geforderten Synthesen chemische Energie von Systemen niedrigerer Spannung auf Systeme höherer Spannung von selbst übergehen müßte.

Nehmen wir aber an, der Zufall habe die Aufgabe dennoch gelöst, so wird es nicht uninteressant sein, zu untersuchen, mit welchen Chancen er dabei operierte.

Krönig*) hat die Wahrscheinlichkeit des zufälligen Entstehens eines Organismus aus anorganischem Material in verschiedenen Kapiteln seines Buches rechnerisch und an dem Beispiel der Würfelwahrscheinlichkeit geprüft. Derselbe Ver-

* S. 28; S. 131 u. a. m.

Digitized by Google

gleich läßt sich schon in bezug auf die Entstehung von Eiweiß durchführen; doch will ich mich auf die Anführung weniger Daten beschränken. Die Unwahrscheinlichkeit, mit einem Würfel ein Auge zu werfen, ist bekanntlich fünf. Die Unwahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln zwei Augen zu werfen, ist fünfunddreißig. Die Unwahrscheinlichkeit, mit acht Würfeln acht Augen zu werfen, ist bereits größer als $1^1/_2$ Millionen; die Unwahrscheinlichkeit, mit dreißig Würfeln dreißig Augen zu werfen, größer als zweihunderttausend Trillionen. Sicher wird man die Wahrscheinlichkeit nicht groß erachten, daß in dem Wirrwarr der anorganischen Stoffe der Zufall eine Bewegungsrichtung erzeugte, die auf die Synthese von Eiweiß hinzielte; allein eine solche Richtung nützte wenig, wenn sie nicht mit anderen günstigen Richtungen zeitlich und örtlich zusammentraf, und dafür multiplizieren sich die Unwahrscheinlichkeiten miteinander, so daß jedenfalls eine erstaunlich hohe Zahl herauskommen würde, wenn man in der Lage wäre, die einzelnen Fälle, in denen man der Hilfe des Zufalls nicht entbehren kann, numerisch festzustellen. Diese unabweisbare Komplikation schließt es auch aus, daß man sagen könnte: wenn in einer Urne eine Million Lose liegen, so kann man eins mit einer Ziffer herausziehen, für welche die Unwahrscheinlichkeit, daß sie gezogen wurde, eine Million beträgt; aber irgend eine Nummer mußte beim Ziehen doch herauskommen, und so konnte auch einmal die Entstehung von Eiweiß herauskommen. Allein für die Entstehung von Eiweiß wäre eine ganze Schar von harmonisch wirkenden Zufällen nötig gewesen. Krönig hat berechnet: „Wenn eine Million von Jahren hindurch jährlich eine Million Menschen geboren werden, von denen jeder ein Alter von zehntausend Jahren erreicht und in jeder Minute seines Lebens zwanzig Würfe mit dreißig Würfeln macht, so ist es wahrscheinlich, daß unter allen getanen Würfen ein Wurf von dreißig Augen noch nicht ein einziges Mal vorkommt."

Daß Eiweiß und Kohlenhydrat durch Zufall aus den

Digitized by Google

anorganischen, an der Erdoberfläche vorhandenen, oder jemals vorhanden gewesenen Verbindungen entstehen könnten, halte ich aber für viel unwahrscheinlicher, als daß jemand mit dreißig Würfeln dreißig Augen wirft.

Immerhin will ich in bezug auf die chemische Seite der spontanen Synthese von Eiweiß nicht über eine ungeheure Unwahrscheinlichkeit hinausgehen. Diese Unwahrscheinlichkeit dürfte sich aber zur direkten Unmöglichkeit steigern, wenn wir die oben angeführten Gesichtspunkte der Energetik hinzutreten lassen.

Allein wir wollen trotz alledem die Annahme machen, daß einmal, wie im Märchen, Eiweiß und all die übrigen für den Aufbau des Protoplasma erforderlichen Kohlenstoffverbindungen sich „von selbst" gebildet hätten. Alsdann stehen wir vor der ungleich schwierigeren Frage, wie aus diesen Baustoffen eine lebendige Zelle entstanden sei, die in ihrer Ernährung Maschinenarbeit verrichtet, in ihrer Organisation der Assimilation von Kohlensäure mit oder ohne Hilfe des Sonnenlichts angepaßt ist, und welche die Fähigkeit der Fortpflanzung besitzt. Ich glaube, diese Aufgabe darum als die schwierigere bezeichnen zu dürfen, weil den Menschen zwar die Synthese organischer Verbindungen geglückt ist, nicht aber der Aufbau einer Zelle aus diesen Verbindungen.

Die erste Zelle mußte von ihrem Entstehen an eine fertige, zweckmäßig arbeitende Maschine sein, ein aufgezogener Automat; als solcher mußte sie aus dem Gemenge, dem Chaos chemischer Verbindungen hervorgehen. Ihr Leben bestand dann wie der Lebensprozeß eines jeden Organismus zunächst in einer Ausgabe von Energie. Um diese Ausgabe decken zu können, mußte die erste Zelle sich auf das geschwindeste*) jene überaus merkwürdige Fähigkeit aneignen, die strahlende Energie der Sonne in chemische Energie, d. h. in erneuten Vorrat von

*) Ich kann darum die Nitrobakterien nicht für die ersten Organismen halten, weil im Anfange des organischen Lebens kein Humus, daher auch weder Ammoniak noch salpetrige Säure zur Verfügung standen.

Digitized by Google

verbrennlichen Kohlenstoffverbindungen umzusetzen, welche als Brennmaterial ihre Atmung deckten. Dafür bedurfte es der Erzeugung des Chlorophylls. Und wenn wir auch zugeben wollen, daß in den ersten Zellen noch Kern und Farbträger unvollständiger vom Protoplasma gesondert gewesen sein mögen, als wir das an einer Normalzelle heute beobachten, so mußte doch unter allen Umständen mit und in der ersten Zelle ein Apparat zur Umwandlung von strahlender in chemische Energie entstehen, der äußeren Einwirkungen gegenüber sich reizbar erwies und befähigt war, sich durch Teilung zu vermehren.

Einen solchen Apparat zu schaffen, reicht selbst eine chemische Katastrophe nicht aus, wie wir sie vorhin als Hilfshypothese herangezogen haben. Denn wenn wir auch das chemische Material als gegeben ansehen, so ist die Bildung einer Zelle aus demselben unmöglich als Ergebnis der chemischen Energien abzuleiten. Erfahrungsgemäß werden die dafür erforderlichen Kräfte erst durch Einschaltung eines Pflanzenmechanismus geliefert, durch dessen Tätigkeit das Leben sich zu einem energetischen Kreisprozesse gestaltet. Aber soweit wir die möglichen Einzelvorgänge auch in der Phantasie zu konstruieren versuchen, es fehlt uns jede Möglichkeit, die spontane Bildung einer Zelle aus ihren Baustoffen kausal zu erklären. Dabei betone ich in Wiederholung, daß ich mir die erste Zelle so einfach wie möglich vorstellen will und ganz außer acht lasse, daß solche hypothetische Einfachheit schon darum nur eine scheinbare sein kann, weil die ganze spätere Fülle der lebendigen Wesen sich aus ihr entwickeln mußte.

Nehmen wir an, daß das chemische Baumaterial vollständig zur Stelle war, und daß die günstigsten äußeren physikalischen Bedingungen herrschten, so bedurfte es immer noch einer wunderbar zielstrebigen und zweckmäßigen Richtung der Energien, um eine Zelle ins Dasein zu rufen. Und diese Richtung mußte eine äußerst komplizierte sein, oder vielmehr eine große Schar harmonischer Richtungen. Für solche Leistungen

Digitized by Google

bleibt der Hypotheſe der ſpontanen Urzeugung wiederum nur der Zufall als Urſache übrig.

Denken wir uns eine Taſchenuhr zu Staub zerfeilt — wer wäre kühn genug, auch nur die Möglichkeit zuzugeben, daß ſich die Teile lediglich unter dem Einfluſſe mechaniſcher Energie durch einen glücklichen Zufall wieder zum Uhrwerk vereinigen könnten? Und wenn in den Stoffen, aus welchen die Uhr beſtand, zu ihrer Bildung keine Veranlaſſung liegt, ſo gilt ein gleiches von der Zelle und den Stoffen, die ſie aufbauen. Im Eiweiß liegt an ſich nicht der mindeſte Impuls zur Bildung einer Zelle; ſo wenig wie in der zwei und in der drei der Impuls, ſich zur Zahl fünf zu ſummieren. Wenn man das rahmartig weiche Plasmodium eines Schleimpilzes in einer Schale zerreibt, ſo hat man noch quantitativ genau das gleiche Stoffgemiſch, wie vorher; allein es iſt kein Protoplasma mehr, ſeine Organiſation iſt zertrümmert, und wenn man noch ſo lange wartet, entſteht aus dem Brei nie wieder Protoplasma. Die Stoffe in dieſem Gemenge waren nur das Material; daraus eine Zelle zu bilden, iſt ein größerer Schritt, als die Bildung der Stoffe aus den anorganiſchen Verbindungen.

Ein Gemenge von Verbindungen, z. B. von Kochſalz und Asparagin, kann ich zerreiben, miſchen und in Waſſer löſen, es kriſtalliſieren ſeine Beſtandteile immer wieder in der charakteriſtiſchen Form. Auch Eiweißſtoffe und Kohlenhydrate nehmen, falls die Umſtände günſtig ſind, Kriſtallgeſtalt an. Aber gerade die als Träger des Lebens fungierenden Stoffe ſind niemals kriſtalliſiert, die Kriſtalliſation bezeichnet immer den unbelebten Zuſtand, auch beim Eiweiß; und die in dem günſtigſten Stoffgemenge tätigen chemiſchen Kräfte produzieren nichts, was auch nur als ein erſter Schritt in der Richtung auf die Bildung einer Zelle angeſehen werden könnte. Wir kennen erfahrungsmäßig nur eine Herkunft für die Zelle: das iſt die Entſtehung derſelben in der Fortpflanzung.

Es hat nicht an Stimmen gefehlt, die das Protoplasma, beziehungsweiſe die unvollkommenſten Zellen ſtrukturloſe Ei-

Digitized by Google

weißklumpen genannt haben. Heute darf das niemand mehr wagen, weil wir wissen, daß ein durch Zerreiben wirklich strukturlos gemachtes Plasmodium kein Protoplasma mehr ist; und der Ausspruch Huxleys, daß durch Wöhlers Synthese des Harnstoffs aus anorganischem Material das Problem der Entstehung der Welt des Lebendigen der Hauptsache nach gelöst sei, hat nur noch historisches Interesse; er gehört in die Rumpelkammer der menschlichen Irrtümer.

Erfahrungsgemäß vermag der Zufall die innere Harmonie der Teile eines materiellen Systems überhaupt nicht zu erhöhen, sondern nur zu verringern. Ich habe die Eiweißmoleküle mit Lettern, die Zelle mit einem Gedichte verglichen. Man lege einmal aus beweglichen Lettern ein Gedicht. Jeder zufällige Stoß wird diese harmonierenden Lettern leicht in die größte Unordnung bringen; man schütte aber die vermengten Lettern auf den Tisch — wann wird der Zufall sie wieder zum Gedichte ordnen?

Mit Herstellung der organischen Verbindungen hat daher die Chemie die künstliche Erzeugung von Zellen noch nicht ermöglicht, ja kaum erleichtert. Bei der Kompliziertheit der einfachsten Zelle und gegenüber der Tatsache, daß sie unter allen Umständen eine arbeitende Maschine ist, müssen wir einräumen, daß der Unterschied in der Größe des Wunders ein relativ unbedeutender wäre, ob der Zufall aus dem chemischen Bildungsmaterial bloß eine Zelle, oder gleich einen Fisch, eine Krähe oder eine Rose erschüfe. Ob aber gesagt wird, die Entstehung der ersten Zelle sei durch Naturnotwendigkeit oder durch den Zufall herbeigeführt, ist ganz gleichbedeutend: denn die Naturnotwendigkeit, an die man bei der generatio spontanea denkt, ist eben nur eine Zufallswirkung, sobald man lediglich die Energien als wirksam anerkennt.

Zu dieser Auffassung stellt sich die Theorie der Urzeugung, welche Nägeli aufgestellt hat, in entschiedenen Gegensatz. Darum bedarf dieselbe einer eingehenderen Besprechung und Prüfung.

Digitized by Google

Nägeli ist der ausgesprochenste Verfechter der Urzeugung. Er beginnt die Darlegung seiner Ansichten darüber*) mit den folgenden Worten:

(A.) „Die Entstehung des Organischen aus dem Unorganischen ist in erster Linie nicht eine Frage der Erfahrung und des Experiments, sondern eine aus dem Gesetze der Erhaltung von Kraft und Stoff folgende Tatsache. Wenn in der materiellen Welt alles im ursächlichen Zusammenhang steht, wenn alle Erscheinungen auf natürlichem Wege vor sich gehen, so müssen auch die Organismen, die aus den nämlichen Stoffen sich aufbauen und schließlich wieder in dieselben Stoffe zerfallen, aus denen die unorganische Natur besteht, in ihren Uranfängen aus unorganischen Verbindungen entspringen. Die Urzeugung leugnen heißt das Wunder verkünden. — Sowie die Abkühlung der früher feurig-heißen Erdoberfläche bis zu der das Leben gestattenden Temperatur fortgeschritten war, entstanden die ersten Organismen an den die nötigen Bedingungen enthaltenden Stellen; und auch später und jetzt noch muß Urzeugung überall stattfinden, wo die Verhältnisse die nämlichen sind, wie in der Urzeit. Was wir sicher wissen — daß das Unorganische in den Organismen zu organischer Substanz wird, und daß die organische Substanz wieder vollständig in unorganische Verbindungen sich zurückverwandelt —, genügt, um vermöge des Kausalgesetzes die spontane Entstehung der organischen Natur aus der unorganischen abzuleiten."

(B.) Nägeli führt dann weiter aus, er sei früher der Meinung gewesen, daß die ersten Organismen Chlorophyll enthalten mußten; diese Meinung habe er im Hinblick auf die Ernährung der niederen Pilze aufgegeben, weil diese Eiweiß aus Ammoniak und einer organischen Säure zu bilden vermögen. „Es kann also auch ein farbloser Organismus, wenn er diese Stoffe dauernd vorfand, die organische Welt begonnen haben."

Das spontan entstehende Wesen mußte nach Nägeli noch vollkommen einfach und ohne Differenzierung sein, so daß keinerlei Teilung der Verrichtung bestand und es keine verschiedenen Zustände durchlief. Darum sei auch keiner der bekannten Organismen fähig, durch Urzeugung zu entstehen, die niedersten Pflanzenzellen seien lange nicht einfach genug.

(C.) „Die Wesen, die einer spontanen Entstehung fähig sind, kennen wir also noch nicht: es kann nur ein Tröpfchen von homogenem Plasma sein, das bloß aus Albuminaten (Eiweißstoffen) ohne Beimengung von anderen organischen Verbindungen als den

*) Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München 1884. S. 83 ff.

Digitized by Google

Nährstoffen besteht und durch die unorganischen oder einfachen organischen Verbindungen, aus denen es selbst entstanden ist, sich vergrößert und ernährt. Die Urzeugung setzt also die spontane Bildung von Albuminaten voraus. Was die Entstehung von Eiweiß in der freien Natur anlangt, so gibt es keinen Grund, warum dieselbe als unmöglich oder auch nur als unwahrscheinlich zu bezeichnen wäre. Wahrscheinlich geschieht sie nicht in einer freien Wassermasse, sondern in der benetzten Oberfläche einer feinporösen Substanz (Lehm, Sand), wo die Molekularkräfte der festen, flüssigen und gasförmigen Körper zusammenwirken können."

(D.) „Für die Art und Weise, wie sich Eiweiß spontan bilden könnte, gibt uns seine Entstehung in den Pflanzen aus einfachen Stickstoff-Kohlenstoffverbindungen und aus Verbindungen von Ammoniak mit organischen Säuren einigen Aufschluß. Der eine oder andere Weg ist denkbar; in jedem Fall wird kohlensaures Ammoniak der Ausgangspunkt der spontanen Bildung sein, und einerseits durch Harnstoff oder cyansaures Ammoniak und weiterhin durch stickstoffhaltige Verbindungen, wie Asparagin u. s. w., andererseits durch weinsaures Ammoniak u. s. w. zu eiweißartigen Körpern hinüberführen, wie dies auch bei der Ernährung der Pilze der Fall ist. Wenn nun irgendwo Albuminate spontan entstehen, so ist damit von selbst auch Wachstum und Fortpflanzung, also Urzeugung gegeben. Eine solche Plasmamasse kann der Anfang einer Reihe sein, die zu einem Organismus führt."

(E.) „In der einleitenden Periode, welche zwischen der unorganischen Natur und den uns bekannten niedrigsten Organismen sich befindet, haben wir zwei Stufen zu unterscheiden. Die erste Stufe besteht in der Synthese der Eiweißverbindungen und in der Organisation zu Micellen [Molekülgruppen], mit welcher die primordiale Plasmamasse gegeben ist. Die zweite Stufe besteht in der Fortbildung der primordialen Plasmamasse bis zu den uns bekannten einfachsten Organismen. Die Wesen dieser zweiten Stufe will ich, um einen kurzen Ausdruck zu haben, als Probien bezeichnen, da sie den aus Erfahrung bekannten Anfängen des Lebens vorausgehen."

(F.) „Die physiologischen Bedingungen der Urzeugung bestehen darin, daß Eiweiß in einer wässrigen Lösung unter Umständen sich bilde, welche die Vereinigung der Micelle zu einem nicht allzuweichen Plasma gestatten, und daß in der Lösung die Möglichkeit der Eiweißbildung dauernd gegeben sei, um das Wachstum des Plasma zu unterhalten. Treffen diese Voraussetzungen ein, so muß jedesmal Urzeugung stattfinden. Die Urzeugung setzt also nicht das Vorhandensein einer eiweißartigen Substanz, sondern die Eiweißbildung voraus. Denn nur, wenn das Eiweiß entsteht, können die Micelle zu einer ihren Molekularkräften ent-

Digitized by Google

sprechenden Konfiguration zusammentreten, und nur durch fortgesetzte Eiweißbildung können sie beim Wachstum diesen Charakter bewahren."

Darum soll nicht jedes Eiweiß Protoplasma werden können, und es „unmöglich sein, irgend etwas Organisiertes auf künstlichem Wege darzustellen."

Es war unerläßlich, über Nägelis Lehre hier in solcher Ausführlichkeit und möglichst in des Autors eigenen Worten zu berichten, weil es die einzige auf wissenschaftlicher Grundlage durchgeführte Theorie der spontanen Entstehung von Eiweiß und von Organismen ist, welche ein Naturforscher in neuerer Zeit aufgestellt hat. Da ich dieselbe Satz für Satz zu bekämpfen gedenke und ihre Widerlegung mir, wie ich glaube, durchgehends gelingen wird, so habe ich das Zitat durch große lateinische Buchstaben eingeteilt. Nägeli hat dem Kritiker die Arbeit nicht gerade schwer gemacht; das Kapitel über Urzeugung ist wohl das am wenigsten durchdachte seines Buches, der Abstammungslehre, was um so unbegreiflicher ist, als es sich um ein Problem handelt, das den Brennpunkt aller biologischen Fragen bildet; um eine Untersuchung, von deren Ergebnis die Möglichkeit oder Unmöglichkeit der monistischen Weltanschauung abhängt; mit deren Ergebnis der Materialismus steht oder fällt.

Zu A. Wie die spontane Entstehung des Organischen aus dem Erhaltungsgesetze gefolgert werden soll, ist ganz unverständlich. Mit gleichem Recht könnte man das Dasein jedes auf der Straße gefundenen Uhrschlüssels oder Hosenknopfes für eine aus dem Erhaltungsgesetze folgende Tatsache erklären; denn durch mechanische Kräfte sind diese Erzeugnisse menschlicher Intelligenz unter allen Umständen geformt. — Daß Urzeugung nicht nur einmal in einer fernen Vergangenheit stattgefunden habe, sondern immer und auch heute noch fortgehe, ist zwar ein konsequenter Gedanke, jedoch ein Gedanke, dem die Erfahrung durchaus widerspricht. Dadurch wird dieser Satz zu einer aus der Luft gegriffenen Behauptung. Tatsächlich wissen wir, daß in der Gegenwart organische Ver-

Digitized by Google

bindungen aus unorganischen nur durch die assimilierende Tätigkeit der Zellen selbst oder durch intelligente Eingriffe des Menschen gebildet werden, so daß gerade das Kausalgesetz zu ganz anderen Folgerungen führt, als Nägeli sie zieht. Denn der Kausalnexus erfordert für solche Synthesen Dominanten, die Nägeli nicht kennt oder nicht anerkennt. Käme nur das Erhaltungsgesetz in Frage, so wäre auch heute noch die Welt tot und starr, und kein Leben regte sich auf der Erdoberfläche. Und wäre selbst Eiweiß entstanden, so würde dasselbe unter der Herrschaft rein chemischer Kräfte mutmaßlich auskristallisiert sein, da die Bildung von Eiweißkristallen eine keineswegs seltene Erscheinung ist. Nägeli hätte an der Spitze seiner Betrachtungen statt einer rein willkürlichen Behauptung den Beweis zu führen gehabt, daß die Entstehung von Organismen das notwendige Ergebnis der Beschaffenheit der Materie sei; dann erst würde es lohnen, darüber zu diskutieren, ob oder warum in der Gegenwart keine Urzeugung beobachtet wird.

Zu B und D. Ich glaube, daß die Bildung von Eiweiß aus Ammoniak und organischen Säuren, die wir bei Pilzen beobachten, zunächst schon darum gar nicht in Betracht kommen kann, weil diese Synthese eben nur in und durch lebende Pflanzenzellen vor sich geht und sich niemals spontan vollzieht, wenn man organische Säuren und Ammoniakverbindungen zusammentut. Außerdem ist es chemisch undenkbar, daß organische Säuren, d. h. verbrennliche Kohlenstoffsäuren, bei Erkaltung der Erde entstanden. Die Elemente waren anfangs durch die große Hitze dissoziiert, d. h. unverbunden, und als sie sich bei der Abkühlung verbanden, mußte aller verbrennliche Kohlenstoff zu Kohlensäure werden. Organische Säuren entstehen erfahrungsgemäß auch nur in Pflanzen oder durch den Eingriff eines Chemikers aus anorganischem Material. Mit dem Ammoniak steht es nicht viel anders. Wir kennen dasselbe in der freien Natur nur als Zersetzungsprodukt verwesender Organismen und als vulkanische Exhalation; im

Digitized by Google

letzteren Falle ist seine Quelle wahrscheinlich in fossilen Organismen gegeben. Bei der Abkühlung der Erde blieb der Stickstoff unverbunden als gasförmiger Bestandteil der Atmosphäre zurück; vermutlich entstand erst durch Blitzschläge aus diesem Stickstoff die Salpetersäure, welche dann von Kalk und Alkalien der Erdrinde aufgenommen wurde und nach meinem Dafürhalten als Stickstoffquelle für die ersten Organismen in Betracht kommt. Darum halte ich es für unwahrscheinlich, daß „ein farbloser Organismus die organische Welt begonnen habe", und glaube, es ist richtiger, anzunehmen, daß der erste Organismus bereits chlorophyllhaltig war, weil er sonst nicht existenzfähig gewesen wäre. Wir müssen bedenken, daß die anorganischen Stoffe der Erdrinde aus dem Brennofen gekommen waren und sich hernach abgekühlt hatten, und feuerbeständig ist auch kohlensaures Ammoniak nicht. Spontan konnten aber alle die Verbindungen, die wir heute für die Ernährung der Pilze verwenden, nach der Abkühlung nicht entstehen, weil dann potentielle Energie aus einem materiellen Systeme geringerer Spannung auf ein solches höherer Spannung von selbst hätte übergehen, der Strom der Energie hätte bergan fließen müssen. Darum halte ich diese Hilfshypothesen Nägelis für unzutreffend. Eiweiß kann sich nicht spontan aus anorganischem Material gebildet haben.

Zu C. Wenn Nägeli meint, daß zuerst ein Tröpfchen homogenen Plasmas aus dem neugebildeten Eiweiß entstanden sei, so befindet er sich in dem fundamentalen Irrtum, daß es homogenes Plasma geben könne. Alles Protoplasma ist ein Gemenge, an dem unter anderem auch phosphorhaltige Verbindungen, wie Lecithin, Anteil nehmen. Wenn Nägeli annimmt, das erste Protoplasma habe nur aus Eiweiß bestanden, so ist das wiederum eine willkürliche Hypothese, die aufgestellt wurde, um seine Schlußfolgerungen zu erleichtern. Ihre Willkür wird nur übertroffen durch die Behauptung, es gäbe keinen Grund, warum die Entstehung von Eiweiß in der freien Natur auch nur für unwahrscheinlich gelten sollte.

Digitized by Google

Zu E und F. Was die angeblichen Mittelglieder zwischen dem Eiweiß und wirklichen Zellen, die Probien anlangt, so bilden diese wiederum eine durch keine Erfahrung gestützte Hilfshypothese. Ihre Bildung soll ein Ergebnis der Eigenschaften der Eiweißmoleküle sein. Dagegen ist zu bemerken, daß die Eigenschaften der Eiweißmoleküle höchstwahrscheinlich zu Eiweißkristallen führen würden, nicht aber zu Zellen, d. h. zu Organismen, die Maschinenstruktur besitzen und Maschinenarbeit leisten. Hier scheint mir der Grundfehler der ganzen Nägelischen Anschauungen zu stecken, weil derselbe die Maschinenstruktur und Maschinenarbeit der Organismen, kurz die energetische Grundlage des Lebens nirgends hervorhebt. Für ihn besteht der Unterschied zwischen organisiert und nicht organisiert nicht in einer Maschinenstruktur des Organismus, sondern in einer Molekularstruktur, welche dem Baumaterial der Organismen eigentümlich sein soll, indessen für ihre wichtigeren Arbeiten theoretisch kaum in Betracht kommt. Diese Eigenschaft der Zellwände, des Protoplasma u. s. w. ist ihre Quellbarkeit, die nach Nägelis Vorstellung, die auch nicht allseitige Anerkennung gefunden hat, die ich aber gelten lasse, darin besteht, daß die Moleküle sich zu größeren Verbänden, von Nägeli Micelle genannt, zusammenlegen, und daß diese Micellen durch Wasser voneinander getrennt werden. Wenn nun auch eingeräumt werden mag, daß das Material, aus dem die Organismen sich aufbauen, quellbar ist, so ist das eben eine für die besonderen Eigenschaften der Organismen zweckmäßige Beschaffenheit ihres Baumaterials, wie das Material, aus dem man ein Haus, eine Dampfmaschine oder ein Schiff baut, auch für diese Zwecke geeignet sein muß; aber das Wesen des Lebens besteht ganz sicher nicht in einer solchen „Micellarstruktur". Denn schon die Probien, wenn es diese gegeben haben sollte, mußten atmen, assimilieren, reizbar sein, zweckmäßig auf ihre Umgebung reagieren und sich fortpflanzen; das sind alles Eigenschaften, die sich nun und nimmermehr aus der Micellar-

Digitized by Google

struktur eines Eiweißklümpchens folgern lassen, sondern die im Gegenteil eine ganz andere Struktur zur Voraussetzung haben, vor allem differente Bestandteile und einen labilen chemischen Zustand, d. h. einen hohen Gehalt an potentieller Energie. Darum leistet die Micellarhypothese nichts für die Erklärung des Lebens, weil sie den energetischen Vorgängen der Lebenstätigkeit nicht gerecht wird und nicht gerecht werden kann.

Wenn sich Nägeli endlich mit der Tatsache abfinden muß, daß es nicht gelingt, aus Albuminaten, z. B. aus Hühnereiweiß, künstlich Probien und Zellen hervorgehen zu lassen, so tut er dies durch Aufstellung einer weiteren Hilfshypothese, wonach Eiweiß nur im status nascens, d. h. unmittelbar bei seiner Entstehung, einen Organismus zu bilden, befähigt sei. Auch diese Hypothese ist ohne jede tatsächliche Unterlage.

Somit glaube ich gezeigt zu haben, daß es Nägeli nicht nur keineswegs gelungen ist, die Urzeugung als notwendige Folge aus der Zusammensetzung der anorganischen Erdrinde abzuleiten, sondern daß die von ihm aufgestellten Gründe für das Vorkommen von Urzeugung so wenig stichhaltig sind, daß sie das spontane Entstehen von Organismen geradezu als undenkbar erscheinen lassen.

Also weder der Zufall noch die von Nägeli proklamierte Notwendigkeit sind imstande, auch nur die unerläßlichen Vorbedingungen der Urzeugung zu schaffen, geschweige denn eine Zelle aus anorganischem Material zu bilden. Die spontane Urzeugung ist rettungslos verloren. Die mechanischen und chemischen Kräfte reichen unter keinen Umständen aus, ein lebendiges Wesen hervorzubringen. Damit fällt die materialistische Weltanschauung in sich zusammen wie ein Kartenhaus.

Der Glaube an eine spontane Urzeugung würde sich nur retten lassen durch die Hypothese einer Lebenskraft, die im wesentlichen dem alten Begriffe der Lebenskraft entspricht. Diese Lebenskraft müßte in der unorganischen Materie schlummernd gedacht werden, etwa wie die Elektrizität in

Digitized by Google

einem Felsen, und sie müßte durch irgend eine Störung geweckt, die chemischen Energien zwingen, Eiweiß zu bilden und Zellen zu bauen. Eine solche der Materie immanente Zeugungskraft oder Organisationskraft würde nur durch eine besonders günstige Kombination von Umständen zu erwecken sein und nach getaner Arbeit wieder verschwinden, wie die Elektrizität einer Leidener Flasche nach ihrer Entladung. Indessen glaube ich, daß der Materialismus lieber abdanken wird, als sich eine derartige Hypothese aufdrängen lassen, denn eine solche „Lebenskraft" müßte intelligent und vernünftig sein, und die Anerkennung von Vernunft im Naturgetriebe ist dem Materialismus ja auf das äußerste zuwider. Ich möchte glauben, daß, so wenig wir dem Messing und dem Glase die Eigenschaft zuschreiben können, Mikroskope zu bilden, so wenig werden wir den Nährstoffen der Pflanzen eine immanente Fähigkeit zur Zellenbildung beilegen dürfen.

Was haben wir nun an die Stelle der spontanen Urzeugung zu setzen, wenn diese preisgegeben werden muß? — Ich meine, es gibt keine andere Alternative, als die Urzeugung durch Intelligenz, durch jene intelligenten Kräfte, die ich im vorigen Kapitel in Abstraktion als Weltvernunft zusammengefaßt habe. Nur die Annahme solcher Kräfte ergibt ein Minimum von Widersprüchen und Hypothesen und damit die befriedigste Lösung des Problems.

Schon die allerersten Zellen mußten von ihrem Ursprunge an ihren Lebensbedingungen angepaßt sein, also zweckmäßig auf sie reagieren; sie waren reizbare Mechanismen, die Energie verausgabten und darum keine Zeit hatten, die Zweckmäßigkeit erst nach und nach zu erwerben. Es galt bei ihrer Entstehung, zwecklose Materie in zweckmäßig arbeitende umzuwandeln; und da sich das Zweckmäßige nicht „von selbst" aus dem Unzweckmäßigen entwickelt, bleibt nichts anderes übrig, als eine Intelligenz anzunehmen, die das Zweckmäßige schuf. Wenn es klar ist, daß eine Zelle aus dem absichtslosen Zu-

Digitized by Google

sammenwirken physikalisch-chemischer Kräfte nicht entstehen kann, so muß sie durch eine absichtliche Lenkung jener Kräfte gebildet worden sein.

Schon die Kunst des Menschen vermag keinen Organismus zu erzeugen, und sie leistet doch gar zu viel mehr als der Zufall. Darum folgere ich: kann kein Knopf ohne Intelligenz entstehen, so kann das auch keine Zelle aus dem chemischen Material. Die Kausalität fordert eine Ursache: nach Ausschluß aller möglichen anderen bleibt die Intelligenz übrig.

Wenn wir vom Körper der Tiere und Pflanzen absehen mit seinen intelligent wirkenden Arbeitsdominanten, so gelingt die chemische Synthese komplizierter organischer Verbindungen nur durch Intelligenz. Im Laboratorium ist diese Intelligenz die menschliche. Wenn in der Natur solche Synthese stattfand, bevor irgend welche Pflanzen oder Tiere, geschweige denn Menschen lebten, so können wir unmöglich schließen, daß sie sich hier ohne Mitwirkung von Intelligenz vollzog; denn den Beweis zu erbringen, daß andere als menschliche Intelligenz unmöglich sei, hat noch niemand unternommen.

Der Biologe kann intelligente Kräfte so wenig entbehren, wie der Chemiker die Affinitäten. Leugnet man die kosmische Vernunft, weil man ihren Ursprung nicht kennt, so möge man doch auch die Affinitäten leugnen; denn ihren Ursprung kennen wir eben so wenig. Treffend sagt Krönig*): „Ich werde nie schließen, da ich den oder die Verfasser eines Buches nicht kenne, so muß es ohne Nachdenken, nur durch das Spiel physikalischer und chemischer Kräfte entstanden sein."

Krönig hat auch mit Bezug auf das von ihm aufgestellte, oben S. 312 zitierte Beispiel der Würfelwahrscheinlichkeit darauf hingewiesen, daß, wenn es dem Zufall schier unmöglich sein dürfte, mit 30 Würfeln 30 Augen zu werfen, für die menschliche Intelligenz nichts leichter ist, als durch Drehen der Würfel die 30 Augen nach oben zu legen. Ein

*) S. 96.

Digitized by Google

vortreffliches Gleichnis, um die Leistungsfähigkeit der Intelligenz gegenüber dem Zufall zu veranschaulichen.

Die erste Zelle kann nach meiner Überzeugung nur entstanden sein durch einen Eingriff kosmischer Vernunft an unserer Erdoberfläche. Diese Vernunft durchbrach dabei die Naturgesetze keineswegs, sondern sie arbeitete mit den Naturkräften und richtete diese, wie ein Chemiker tut, wenn er eine Synthese ausführt, ein Mechaniker, wenn er eine Maschine baut. Aber so hoch die sich fortpflanzenden Organismen über allen Maschinen stehen am Maßstabe menschlicher Intelligenz gemessen, so erhaben ist die kosmische Schöpfungskraft über den Fähigkeiten auch des begabtesten Menschen.

Ich schließe hieran eine Äußerung von Lotze*):

„Wir leugnen nicht, daß in dem einmal vorhandenen Zusammenhange der Welt die organische Bildung sich nur durch eine mechanische Tradition forterhält; aber die erste Stiftung jener Keime, in deren blinder und notwendiger Entfaltung der Naturlauf jetzt besteht, glauben wir nicht ohne die Voraussetzung eines ordnenden Bewußtseins einzusehen."

Ich bin der Meinung, daß wir, gerade wenn wir die Zurückführbarkeit aller Lebensprozesse auf physikalisch-chemisches Geschehen voraussetzen, die Bildung der ersten Zellen einer schöpferischen Intelligenz zuschreiben müssen, und diese Intelligenzhypothese ist meines Erachtens die einzige, die dem Kausalitätsbedürfnis Genüge leistet. Darum bin ich mir bewußt, mit der Intelligenzhypothese durchaus auf dem Boden der Naturwissenschaft stehen zu bleiben und mich nicht etwa mit ihr zu den luftigen Höhen der Metaphysik zu erheben. Wie einst Leverrier aus gewissen dynamischen Erscheinungen auf das Dasein eines unsichtbaren Planeten schloß, so schließen wir aus den, durch das Auftreten von Organismen mit der Erde vor sich gegangenen Veränderungen auf ein unsichtbares „ordnendes Bewußtsein", das die ersten Organismen erschaffen hat.

*) Mikrokosmus II, S. 24.

Digitized by Google

Die Annahme einer Erschaffung der ersten lebendigen Wesen auf der Erdoberfläche hat vielen Widerspruch und viele Anfeindung erfahren. Unter den Gegengründen, welche immer wiederkehren, scheinen mir besonders zwei in Betracht zu kommen, denen ich noch einige Aufmerksamkeit widmen muß.

Erstens wird geltend gemacht, daß die Naturforschung die Begreiflichkeit der Naturerscheinungen zur Voraussetzung haben müsse; das sei ein von Helmholtz, Dubois-Reymond u. a. proklamierter Grundsatz der Forschung, den man nicht aufgeben dürfe; eine Schöpfung der ersten Organismen sei aber im Prinzip unbegreiflich. — Dem gegenüber möchte ich die Meinung aussprechen, daß man einen Grundsatz, der die Freiheit wissenschaftlicher Bewegung und wissenschaftlicher Forschung tatsächlich einengt, nicht zur unbedingten Anwendung bringen soll. Goethe vertrat einen anderen Standpunkt, der mir richtiger und weniger engherzig zu sein scheint. Denn „begreiflich" bleibt immer ein relativer Begriff, und wo ist das Tribunal, dem es obliegt, zu entscheiden, ob etwas begreiflich ist oder nicht? Goethe fordert in verschiedenen Aussprüchen, man solle in den Problemen, welche die Natur uns stellt, das Begreifliche vom Unbegreiflichen sondern und sich der Erforschung des ersteren zuwenden. So sagt er einmal*): „Der Mensch ist nicht geboren, die Probleme der Welt zu lösen, wohl aber zu suchen, wo das Problem angeht, und sich sodann in der Grenze des Begreiflichen zu halten." Da hat er offenbar die Grenze im Sinne, wo das Begreifliche und das Unbegreifliche sich berühren. Ich bin ganz dieser Meinung; mir ist aber die belebte Natur nur begreiflich, wenn ich sie in ihren Anfängen auf kosmische Vernunft zurückführe. Letztere will ich gerne als unbegreiflich gelten lassen; darum scheidet sie von den Objekten der Naturwissenschaft aus, die mit Theologie in irgend welcher Gestalt so wenig zu tun hat, wie man in der Maschinenkunde sich mit der Psychologie des Menschen zu befassen braucht.

*) Gespräch mit Eckermann vom 15. Oktober 1825.

Digitized by Google

Man darf doch unmöglich so weit gehen zu sagen: was ich nicht begreife, existiert nicht! Wenn im Innern Afrikas eine elektrische Bahn eingerichtet wird, so begreift der Wilde sie nicht, und sie existiert darum doch. Wird eine Maschine, die uns durch ihre Leistungen überrascht, und deren Mechanismus wir nicht kennen, etwa begreiflicher, wenn wir keine Intelligenz als Ursache derselben anerkennen wollten? Gewiß verstehen wir den Vorgang der Schöpfung nicht; aber wir befinden uns demselben gegenüber wie ein durch die Elementarschule gegangener Geist, der an ein Buch gerät, dessen Ergebnisse mittelst Integralrechnung gefunden wurden, und der keine Gelegenheit hat, die Methode zu lernen: derselbe wird von den Ergebnissen Kenntnis nehmen, ohne zu verstehen, wie sie erlangt wurden.

Ich meinerseits stehe auf dem Standpunkte, daß mir die Urzeugung ohne Mitwirkung von Intelligenz unbegreiflich sein würde, die durch kosmische Intelligenz vollzogene dagegen begreiflich erscheint, wenn auch die Wirkungsweise dieser Intelligenz auf die materielle Welt uns eben so unbekannt ist, wie ihr Wesen. Genau so wenig wie den Schöpfungsprozeß kann ich mir aber die Urzeugung einer Zelle durch Zufall vorstellen; letzteres erscheint mir noch weit absurder, als anzunehmen, daß ein Haufe Schießpulver, eine Flasche Champagner oder eine Trompete durch Zufall, beziehungsweise „von selbst" entstanden sein sollten.

Der zweite, immer wiederholte Einwand gegen die Erschaffung der ersten Organismen ist der, daß dabei eine Durchbrechung der Naturgesetze vorgekommen sein müßte. Ich habe schon nachdrücklich darauf hingewiesen, daß bei Annahme einer kosmischen Vernunft davon keine Rede zu sein braucht. Die Schöpfung ist so wenig eine Durchbrechung der Naturgesetze, wie der vom Willen auf die Muskeln ausgeübte Zwang zu gehen, zu sprechen, zu schreiben u. s. w. Die kosmische Vernunft durchbricht die Naturgesetze in der Schöpfung einer Zelle so wenig, wie der Mensch es tut in der Schöpfung einer

Digitized by Google

Symphonie, eines Gemäldes, einer Dichtung, einer Maschine. In dieser Hinsicht ist die Erschaffung einer Zelle nicht supranaturalistischer, als die einer Orgel oder eines Telephons; denn die kosmische Intelligenz bedient sich der Naturkräfte, wie die menschliche es tut, und ihre gewaltige Kraft ist an die Naturgesetze gebunden, wie eine Lokomotive an die Geleise. Ich weise die Möglichkeit einer Durchbrechung der Naturgesetze durch die Weltvernunft zurück, weil die Naturgesetze die Voraussetzung auch ihres Wirkens bilden. Wenn wir nur eine einmalige Schöpfung von Organismen in grauer Urzeit zulassen, so steht eine solche Episode nicht ohne Analogie in der Geschichte des Sonnensystems da. Denn der Eingriff, der den kalten, fein verteilten Nebel im Anfange sich zusammenballen ließ, war auch nur ein einmaliger; und soll das gänzlich abgekühlte System wieder in die Form des Urnebels zurückkehren, wird es eines abermaligen Eingriffs von außen bedürfen, eines Eingriffs, der mehr bedeutet, als bloße Zertrümmerung; denn diese würde einen Planeten wohl in Meteorsteine auflösen, nicht aber in Moleküle zerstäuben können.

Wenn ich das Ergebnis dieser Betrachtungen über spontane Urzeugung in Kürze zusammenfassen darf, so geht es dahin, daß die Erfahrung keine Tatsache kennt, die zu ihren Gunsten spricht, daß vielmehr alle bekannten Tatsachen ihr Vorkommen überaus unwahrscheinlich machen. Diese Unwahrscheinlichkeit ist darum so groß, ich möchte sagen potenziert, weil schon die spontane Entstehung der Vorbedingungen einer Urzeugung nicht nur in chemischer, sondern auch in energetischer Hinsicht geradezu ausgeschlossen erscheint. Ich halte die spontane Entstehung einer Zelle mit ihren Dominanten für eben so unwahrscheinlich, als wenn die Lettern dieses Buches durcheinander geschüttelt wären und man warten wollte, daß sie sich von selbst wieder zu meinem Buche ordneten. Nach Erschaffung einer Zelle vermochte das Leben immer neue Massen unorganischer Substanz in seine Wirbel zu ziehen; aber nie begann die Materie „von selbst" zu leben. Beruhte

Digitized by Google

das Leben auf einer Fähigkeit oder Eigenschaft der Substanz an sich, so müßte diese Eigenschaft an den Atomen und Molekülen haften. Das ist nicht der Fall, so wenig, wie ich schon sagte, es zu den Eigenschaften von Glas und Messing gehört, Mikroskope zu bilden. Die Grundlage des Lebens ist die Maschinenstruktur und die Maschinenarbeit der Zellen, und diese kann aus der Materie mit ihren chemischen Energien nur entstehen, wenn die beseelenden Dominanten hinzutreten, wie das auch bei Herstellung einer Taschenuhr oder eines Mikroskops, in beiden Fällen aus Glas und Messing, geschieht.

Die Alternativen über die Herkunft des Lebens auf unserem Planeten sind aber mit der spontanen Entstehung und der Schaffung noch nicht erschöpft. Zwei große Naturforscher, Helmholtz und William Thomson*) haben noch die Idee einer dritten Möglichkeit in die Arena der Meinungen geworfen, sie allerdings nur als möglich hinstellend und ohne ausdrücklich dafür Partei zu ergreifen: dies ist die Hypothese, daß die ersten Keime lebender Wesen auf unsere Erde getragen wären durch Meteorsteine, „die Bruchstücke zertrümmerter, einst mit Leben bedeckter Welten". „Wer weiß," sagt Helmholtz **), „zu sagen, ob diese Körper, die überall den Weltraum durchschwärmen, nicht auch Keime des Lebens ausstreuen, so oft irgendwo ein neuer Weltkörper fähig geworden ist, organischen Geschöpfen eine Wohnstätte zu gewähren."

Der Einwand, den man gegen diese Hypothese erhoben hat, daß damit nichts gewonnen sei, weil die Frage der Ur-

*) W. Thomson hat diese Idee auf der Naturforscherversammlung zu Edinburg im Herbst 1871 geäußert, Helmholtz dieselbe schon im Frühling desselben Jahres in einem zu Heidelberg und Köln gehaltenen Vortrage erwähnt (vgl. Helmholtz, Popul. wiss. Vortr. III. S. 138). — Übrigens besitzt diese Hypothese von Helmholtz und Thomson ihren Vorläufer. In seinem 1748 erschienenen Werke: Telliamed ou entretiens d'un philosophe indien avec un missionaire français hat de Maillet entwickelt, daß die Erde erst glühend war, dann erkaltete und sich mit Pflanzen und Tieren bevölkerte, die aus unsichtbar kleinen Keimen hervorgingen, mit denen der Weltraum erfüllt sein soll.

**) Popul. wiss. Vortr. III. S. 135.

Digitized by Google

zeugung nur von der Erde auf einen unbekannten Planeten des Weltraums zurückgeschoben würde, ist nicht stichhaltig. Denn jener Planet kann die Lebenskeime wieder von einem anderen Meteoriten erhalten haben, es kann von Ewigkeit her ein solcher Austausch der Keime zwischen untergehenden und aufgehenden Welten sich vollzogen haben. Und im endlos sich dehnenden Himmelsraume sind so viele Milliarden mit Organismen bedeckter Planeten denkbar, daß ein tatsächliches Aussterben höchst unwahrscheinlich würde; kurz, wir könnten uns vorstellen, das Leben sei so alt, wie die Materie selbst, also von ewigem Bestande, und werde von einem Himmelskörper auf einen anderen weiter gegeben, wie ein Maurer dem andern einen Ziegelstein zuwirft. Das wäre allerdings eine fundamentale Verschiedenheit zwischen lebender und anorganischer Substanz und ein Dualismus in infinitum.

Man hat ferner dagegen eingewandt, daß die Keime durch Erhitzung der Meteoriten in der Atmosphäre der Erde hätten verbrannt werden müssen. Dem gegenüber bemerkt Helmholtz*), daß die Keime in Spalten des Meteorsteins stecken konnten und dadurch gegen Verbrennung geschützt waren.

Auch Nägeli sucht diese Hypothese vom anfangslosen Leben zu widerlegen. Er ist davon überzeugt, daß Keime, die an Meteorsteinen haften, durch das Verweilen im luftleeren Weltraum austrocknen und durch vollständigen Wasserverlust absterben müßten, ehe sie unsere Erde erreichen könnten.

Daß die Übertragungstheorie einen nennenswerten Grad von Wahrscheinlichkeit für sich habe, wird schwerlich jemand behaupten wollen. Dennoch stehe ich meinerseits nicht an, zu erklären, daß sie neben der Schöpfungstheorie allein in Betracht kommen kann, während die spontane Urzeugung nach meinem Dafürhalten ausscheiden muß.

Wenn man indessen jener Hypothese den Vorzug geben will, daß das Leben so alt sei, wie die Gravitation und der Sauerstoff, so wird damit die immanente Intelligenz aus

*) l. c. S. 139.

Digitized by Google

der Maschinenstruktur und Maschinenarbeit einer Zelle nicht gebannt; und somit wäre diese Hypothese immer noch nicht mit einer materialistischen, sondern höchstens mit einer pantheistischen Weltanschauung vereinbar. Der Gegensatz zwischen kosmischer Vernunft einerseits, Materie und Energie andererseits, bliebe ungebrochen bestehen.

Wenn ich der irdischen Schöpfungshypothese den Vorzug gebe, so geschieht das nicht nur, weil sie mir subjektiv wahrscheinlicher erscheint, sondern auch, weil nur sie uns eine Analogie zu etwas bekanntem, nämlich zu den Maschinen, darbietet. Jede Maschine verkörpert, wie ich ausführte, ein gewisses Quantum immanenter Intelligenz, das aber transzendent aus der Intelligenz des Erfinders und des Erbauers in sie eingeführt wurde. Darum entspricht auch die transzendente „Beseelung" der Organismen mehr dieser Analogie. Können wir doch ebensowenig, wie wir die spontane Entstehung von Zellen verstehen, einsehen, daß spontan die kosmischen Nebel entstanden und sich verdichteten. Das erstere konnte unzweifelhaft nur durch einen ungeheuren Aufwand von Energie geschehen, doch diese Energie mußte gesammelt und gerichtet werden, um einen Planeten in kalte Moleküle zu verwandeln. Oder sollte in der periodischen Zerstäubung und Verdichtung der Weltkörper auch ein von Ewigkeit her gegebener, dem Leben analoger kosmischer Prozeß zu erblicken sein? Sollte periodische Bewegung das letzte Geheimnis des Naturgetriebes ausmachen? Wobei es neben der Ausdehnung der Ewigkeit ohne Belang wäre, ob die Periode eines Vorgangs eine Billion Jahre dauert, oder den billionten Teil einer Sekunde, wie für Schwingungen der strahlenden Energie festgestellt worden ist.

Ich bin meinerseits überzeugt, daß nicht Perodizität, sondern Intelligenz, kosmische Vernunft, den eigentlichen Grund der Naturgeheimnisse bildet. Denn auch periodische Bewegungen haben ihre Ursachen, so gut wie andere Bewegungen; worin aber sollten diese Ursachen bestehen?

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

Der Darwinismus.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kapitel 27.

Die Arten.

Wir haben gesehen, daß die Organismen als solche, im Gegensatz zur leblosen Natur, nicht charakterisiert sind durch ihre chemische Zusammensetzung, durch Bestehen aus Eiweißstoffen, Kohlenhydraten, Fetten, Lecithin u. s. w., auch nicht durch den quellbaren Zustand dieser Stoffe — sondern durch eine Maschinenstruktur, die schon den einfachsten Zellen zukommt, und die aus jenem chemischen und quellbaren Materiale sich aufbaut, um die Arbeiten zu verrichten, welche wir Leben nennen.

Nun gehört aber die Vielgestaltigkeit der Organismen zu ihren wichtigsten Eigenschaften. Sie bevölkern die Erde in einer durch Größe, Gestalt und Struktur voneinander abweichenden, ungeheuren Mannigfaltigkeit der Formen. Welcher Gegensatz zwischen einer mikroskopischen einzelligen Alge und einem Eichbaum, einem Elefanten!

Die zahllosen Gestalten der Pflanzen und Tiere sind nach der Abstammungslehre das Ergebnis eines Entwicklungsprozesses, der ununterbrochen seit dem ersten Auftreten des Lebens an der Erdoberfläche bis in die Gegenwart hinein angedauert hat. Diese Lehre beruht zunächst auf einem Analogieschluß, durch den wir uns die Mannigfaltigkeit der Tiere und Pflanzen verständlich zu machen suchen. Wie wir durch das Zeugnis unserer Erfahrung wissen, bildet sich der Körper des Elefanten, des Eichbaumes u. s. w. schrittweise

Digitized by Google

und mit Notwendigkeit aus einer mikroskopisch kleinen Zelle, dem Ei, zu seiner endgültigen Größe und Gestalt heran; aus dieser Tatsache hat man den Gedanken geschöpft, daß im Laufe von Jahrmillionen oder Jahrmilliarden die Organismen, die hochentwickelten Pflanzen und Tiere, aus unvollkommenen Anfängen sich zu dem uns bekannten Formenreichtum entwickelten. Das ist eine spekulative Konstruktion; allein aus den Berichten der Paläontologie und den Betrachtungen der vergleichenden Morphologie ergibt sich doch eine Reihe von Stützen, um nicht zu sagen von Indizienbeweisen, für die Richtigkeit dieser Idee.

Die Deszendenzlehre geht aber gewöhnlich noch weiter. Sie nimmt nicht nur eine im Laufe der Erdgeschichte fortschreitende Entwicklung der Organismen an, sondern sie konstruiert auch einen genetischen Zusammenhang zwischen den einzelnen Entwicklungsreihen. Beides bildet den Inhalt der sogenannten Stammesgeschichte oder Phylogenie der Pflanzen und Tiere.

Gewiß ist der „phylogenetische" Gedanke zunächst eine Hypothese. Allein diese Hypothese erfreut sich in der gegenwärtigen Phase unseres wissenschaftlichen Erkennens so allgemein des Beifalls und der Zustimmung der Biologen, daß sie den Charakter eines Axioms angenommen hat. Ob sie denselben für immer bewahren wird? Die Anzeichen, soweit wir sie überblicken können, sprechen dafür. Jedenfalls bildet die Deszendenztheorie eins der wichtigsten und interessantesten wissenschaftlichen Dogmen der Gegenwart.

Indessen darf von einem vollgültigen Beweise für die Richtigkeit der Phylogenie schlechterdings nicht gesprochen werden, einem Beweise, wie wir ihn z. B. für die Tatsache der Ontogenie, d. h. der Entwicklung des Individuums aus dem Ei, erfahrungsmäßig besitzen. Darum kann die Deszendenzlehre im günstigsten Falle für die Naturforschung auch nur den Wert eines Axioms haben, und zwar eines Axioms, von dem wir zugeben müssen, daß eine Umgestaltung des-

Digitized by Google

selben für die Zukunft nicht ausgeschlossen ist. Die erwähnten, unten näher zu erörternden Indizienbeweise sind immerhin lückenhaft genug und berechtigen den gewissenhaften Naturforscher nur zu dem Schlusse auf einen mehr oder weniger hohen Grad von Wahrscheinlichkeit unserer bezüglichen Vorstellungen.

Die Phylogenie der Pflanzen und Tiere ist dem Kreise unserer Erfahrung größtenteils entrückt. Gerade darum, weil wir uns vorwiegend auf Schlußfolgerungen auf der Grundlage von Analogien angewiesen sehen, ist Vorsicht geboten. Es ist unzulässig, daß wir, weil unsere Erfahrung nicht ausreicht, nun um so mehr der Phantasie die Zügel schießen lassen. Wir suchen und wollen die Wahrheit, mag sie uns gefallen oder nicht. Daher ist zu fordern, daß dieselben Grundsätze der Naturforschung, die auf allen anderen Gebieten der Wissenschaft gelten, auch auf dem der Deszendenztheorie zur Anwendung gelangen. Daß von Adepten der Abstammungslehre so viel gegen diesen Grundsatz gefehlt worden ist, hat nur dazu beigetragen, die Biologie in Mißkredit zu bringen. —

Von größter Bedeutung ist es, daß in der Mannigfaltigkeit der Formen fest umgrenzte Typen hervortreten. Diesen Typen fügt die ungeheure Zahl der jetzt lebenden und der uns fossil erhaltenen Individuen von Tieren und Pflanzen sich ein. Für diese typische Übereinstimmung der Organismen nach dem Grunde zu suchen, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Naturforschung. Wir haben dabei Typen höherer und niederer Ordnung zu unterscheiden. So kennen wir im Tierreiche den Typus der Korallen, der Krebse, der Schmetterlinge, Fische, Säugetiere u. s. w. Im Pflanzenreiche: Algen, Pilze, Moose, Farnkräuter, Blütenpflanzen. Das sind Typen höherer Ordnung; niederer Ordnung wären z. B. die zu den Säugetieren gehörenden Typen der Wiederkäuer, Nagetiere, Raubtiere; unter den Blütenpflanzen: Gräser, Orchideen, Rosaceen. Von letzteren würden die Gattungen Rose, Erd-

Digitized by Google

beere, Spiraea, Prunus, von den Raubtieren die Gattung Katze einen Typus noch niederer Ordnung darstellen. Zum Geschlechte der Katzen endlich gehören die Arten: Löwe, Tiger, Leopard, Jaguar, Hauskatze; zur Gattung Prunus die Arten: Süßkirsche, Sauerkirsche, Pflaume, Zwetsche, Schlehe, Aprikose, Pfirsich. Der Artbegriff oder die Spezies bildet den letzten und untersten aller jener Typen.

Unter den Typen des Tier- und Pflanzenreiches sind manche nur durch eine einzige Gattung und wenige Arten vertreten, z. B. das Schnabeltier, der Schachtelhalm, während andere wieder durch eine enorme Mannigfaltigkeit der Arten sich auszeichnen, wie die Kompositen mit 10000, die Orchideen mit 7000 Spezies. Bemerkenswert sind die Diatomeen, die einen äußerst scharf abgegrenzten Typus des Pflanzenreiches repräsentieren. Es sind mikroskopisch kleine, einzellige Algen, die teils im Wasser schwimmen, teils an der Oberfläche untergetauchter Gegenstände haften. Ihre Zellen sind von einer zweischaligen, von Kieselsäure imprägnierten Zellwand umscheidet. Von diesem Typus, den man gar nicht so großer Abänderungen fähig halten sollte, gibt es zahlreiche Gattungen und tausende von Arten, die meist unter sehr ähnlichen Bedingungen leben. Auch von den so überaus kleinen, einzelligen Bakterien ist an der Erdoberfläche eine sehr große Zahl von Spezies vorhanden, die einander so ähnlich sind, daß es an mikroskopischen Unterscheidungsmerkmalen fehlt. Dafür gibt es aber biologische Kennzeichen, wonach man die Bakterienarten trennen kann, und die zum Teil in abweichenden chemischen Produkten ihrer Stoffwechseltätigkeit bestehen. Die Diatomeen sind physiologisch einheitlich, morphologisch höchst mannigfaltig entwickelt; während die Organisation der Bakterien eine geringere morphologische, aber eine größere physiologische Mannigfaltigkeit aufweist.

Es sei hier eine paläontologische Tatsache angeführt, die für die Abstammungslehre von der höchsten Wichtigkeit ist. Während wir in den Versteinerungen der paläozoischen und

Digitized by Google

der mesozoischen Zeit nicht nur andere Arten, sondern auch überwiegend andere Gattungen finden, als in der Gegenwart, so hat es doch nach Ausweis der erhaltenen Reste niemals, auch in den ältesten Zeiten nicht, einen anderen Haupttypus von Tieren oder Pflanzen gegeben, als wir in der Gegenwart kennen. Gattungen und Arten sind ausgestorben und durch andere ersetzt worden; doch die Grundtypen haben sich aus den ältesten Formationen bis in die Gegenwart erhalten.

Der Artbegriff ist durch Linné scharf formuliert worden. Er vereinigte zu einer Art alle Individuen von übereinstimmender Gestalt, welche durch die Fortpflanzung zusammenhängen; er dachte sich die zu einer Art gehörigen Individuen von einem Urindividuum oder von einem Ahnenpaar abstammend, das der Schöpfer ins Leben gerufen habe. Damit schreibt Linné den Arten Realität zu, und ich möchte fragen, wer dieser Auffassung mit Bezug auf die oben als Beispiele angeführten Arten widersprechen möchte. Dennoch hat man die Realität der Arten geleugnet, und es hat nicht an Stimmen gefehlt, die nach berühmtem Muster den Artbegriff für einen rein logischen, in die Natur hineingetragenen erklärt haben.

Die Arten der Gegenwart werden von Individuen gebildet, die durch die Fortpflanzung mit den Individuen früherer Zeiten kettenförmig zusammenhängen. Diese Artketten sind nicht einfach, sondern verzweigt, wie die Generationsketten einer großen menschlichen Familie, die vor Jahrhunderten ihre Stammeltern in einem Paare besaß.

Der Linnésche Artbegriff verlangt aber wiederholte Schöpfungen, wenn er sich nicht mit der Paläontologie in Widerspruch setzen will. Denn so unzweifelhaft viele Arten untergegangen sind, die einstmals in üppiger Fülle gediehen, so sicher haben die meisten jetzt lebenden Arten in der paläozoischen Zeit und in der Mehrzahl der mesozoischen Formationen noch nicht existiert. Will man aber die geringe Wahrscheinlichkeit sich immer wiederholender Schöpfungen

Digitized by Google

großer, komplizierter Pflanzen und Tiere vermeiden, so wird man annehmen, daß die Arten der Gegenwart durch Umwandlung von Typen früherer Erdperioden entstanden sind, und daß ihre genealogischen Wurzeln bis zu den ersten Organismen zurückreichen, in denen das Leben auf der Erde sich offenbarte. Damit geraten wir allerdings auf ein Gebiet, auf dem uns die Paläontologie vollständig in Stich läßt, denn von jenen ersten Organismen sind auch nicht die geringsten Spuren erhalten. Nur die Analogie mit der ontogenetischen Entwicklung und sonstige Erwägungen können es uns wahrscheinlich machen, daß diese ersten Organismen einfache Zellen waren.

Die Arten der Gegenwart sind konstant; wer das leugnet, verschließt sich zu Gunsten spekulativer Wünsche den Tatsachen. Wir kennen kein Beispiel von lebenden Arten, die ineinander übergehen. Das tun nur Kreuzungen von Arten oder Varietäten.

Der Begriff der Varietät ist schon von Linné, wenn auch ungenügend, bestimmt worden. Er versteht darunter Abänderungen einer Art, die sich in der Fortpflanzung nicht erhalten; jeder Tierzüchter und jeder Gärtner weiß, daß solche Varietäten ungemein häufig sind. Es gibt aber auch Varietäten, die sich mit konstanten Merkmalen fortpflanzen, wie die Rassen des Hundes und des Pferdes*). Solche fixierte Rassen sind schwierig von Arten zu unterscheiden. Manchmal kann der Umfang einer Art sehr groß sein, die Varietäten können dann einander sehr unähnlich werden. Auf solche stark abweichenden Varietäten sind meistens jene Beobachtungen zurückzuführen, in denen vom Übergang einer Art in eine andere die Rede ist. So kommt es, daß bei einzelnen Gattungen — z. B. beim Habichtskraut, bei den Weiden — wegen starken Variierens und fortwährender

*) Man denke auch an die Vererbung individueller menschlicher Gesichtszüge.

Digitized by Google

Kreuzung die Unterscheidung von Arten höchst schwierig, ja fast unmöglich wird.

Ferner ist ohne weiteres zuzugeben, daß aus der Beständigkeit der Arten in der Gegenwart noch nicht ihre Beständigkeit in der Vergangenheit folgt. Machen wir die Analogie zwischen Ontogenie und Phylogenie zur Voraussetzung, und vergleichen wir den jetzigen Artbestand mit einem erwachsenen Tierkörper, so müssen wir für die Phylogenie folgern, daß auch die Arten eine Entwicklung durchgemacht, folglich nicht immer die gleichen Formen dargestellt haben. Die Abstammungslehre geht aber noch weiter: sie vereinigt nicht nur die Arten einer Gattung in einen gemeinsamen Stammbaum, sondern auch die Gattungen, die Familien und die Ordnungen werden genetisch aus einer oder einigen wenigen Urformen abgeleitet, denen, wie Darwin sich ausdrückte, der Schöpfer das Leben eingehaucht habe. Diesen archimedischen Punkt hat sich Darwin gesetzt, die Urzellen nahm er als gegeben an; aus ihnen ließ er in seiner Theorie dann die ganze Fülle des Tier- und Pflanzenreichs hervorgehen.

Auch in der Paläontologie fehlt es nicht an Beispielen, nach denen es scheint, daß einzelne jetzt lebende Arten aus anderen, ausgestorbenen, durch allmähliche Umbildung hervorgegangen sind. Leider sind diese Fälle nicht zahlreich, so daß ihre Verallgemeinerung nicht ohne weiteres zulässig erscheint.

Das wichtigste unter jenen Beispielen ist die Phylogenie unseres heutigen Pferdes, die sich an den erhaltenen Knochenresten der Tertiärfauna mit einem ziemlich hohen Grade von Wahrscheinlichkeit durchführen läßt. Wir verdanken den Nachweis der Vorläufer des europäischen Pferdes Kowalewski, des amerikanischen Pferdes Marsh, und ich stütze mich in nachfolgender kurzer Darstellung auf die von K. E. von Baer*)

*) Studien S. 369.

Digitized by Google

und von Neumayr*) gegebenen Berichte über die Arbeiten dieser Forscher.

Den ältesten bekannten Ausgangspunkt des europäischen Pferdestammes bildet ein tapirähnliches Tier aus dem Eocän, das Palaeotherium medium, dessen drei Zehen den Boden berührten. Ihm folgt im Miocän das Anchitherium, dessen Seitenzehen verkleinert sind und den Boden nicht mehr berühren. Bei Hippotherium aus dem Pliocän sind die Seitenzehen weiter verkleinert, und beim Pferde der Gegenwart ist nur noch die als Huf ausgebildete Mittelzehe vorhanden. Sehr selten kommt es beim Pferde vor, daß abnormerweise ein oder zwei Stummel von Seitenzehen wie bei Hippotherium auftreten, was als Rückschlag in die Stammform gedeutet wird. Mit der rückschreitenden Verwandlung der Füße geht eine schrittweise Umgestaltung des Gebisses Hand in Hand.

In Amerika beginnt der Pferdestamm mit der eocänen Gattung Phenacodus, die fünf Zehen besitzt. In höheren Schichten des Eocän zeigt sich Eohippus mit vier Zehen und dem Rudiment einer fünften am Vorderfuße, und mit drei Zehen am Hinterfuße. Dann folgen Orohippus mit vier Zehen vorn und drei hinten, Mesohippus dem europäischen Paläotherium entsprechend mit drei Zehen, weiter Anchitherium und Hippotherium; zwischen diesem und dem Pferde steht noch ein Zwischenglied, Pliohippus. Die Zähne zeigen eine derjenigen der Hufe parallel gehende Umgestaltung.

Es ist zu betonen, daß wir in diesen historisch aufeinander folgenden Typen es keineswegs mit einer Formenreihe zu tun haben, deren Glieder einen allmählichen, ineinander verfließenden Übergang zeigen, sondern es sind Gattungen, welche Stufen darstellen, zwischen denen wir Übergänge nicht kennen. Wir können auch gar nicht behaupten, oder gar nachweisen, daß unser Pferd von einem

*) Erdgeschichte II. S. 453.

Digitized by Google

dieser ausgestorbenen Typen direkt abstammt; es kann sich aus einer untergegangenen, uns unbekannt gebliebenen Form entwickelt haben, während alle erwähnten Typen als Endglieder von Entwicklungsreihen ausstarben. „Wenn man sagt, daß in Amerika Mesohippus, in Europa Palaeotherium medium als oligocäne Stammform des Pferdes auftritt, so ist damit nichts anderes ausgedrückt, als daß die Formengruppe, aus welcher das Pferd herstammt, damals in Europa durch die eine, in Amerika durch die andere Art vertreten war." (Neumayr.) Darum dürfen wir in jenen durch die Erdgeschichte uns überlieferten Formenreihen noch nicht den Ausdruck der unmittelbaren Stammesentwicklung des heutigen Pferdes erblicken; nur der allgemeine Gang der phylogenetischen Umbildung scheint dadurch angedeutet zu werden.

Ein anderes Beispiel bietet die Umgestaltung der Arten der Sumpfschnecke Paludina während der Tertiärzeit (vgl. Neumayr l. c. S. 534). Paludina Neumayri zeigt in den aufeinanderfolgenden Schichten alle Übergänge der Umbildung aus einer glatten, mit gewölbten Windungen versehenen Form in eine kegelförmige, durch Kiele und Knoten ausgezeichnete Art. Ähnliche Reihen gibt es in mehreren anderen Gattungen von Schnecken.

Das sind die der Umwandlungstheorie günstigsten Beispiele, die wir besitzen, und zu denen noch einige minder vollständige hinzutreten. Auch im Pflanzenreiche hat man auf Übergangsreihen zwischen tertiären und jetzt lebenden Arten hingewiesen, dieselben sind indessen weniger überzeugend. Alles zusammengenommen ist es aber nur ein ganz winziger Bruchteil der Fauna und Flora der Gegenwart, dessen Wurzeln in der Tertiärzeit aufgedeckt wurden, und darum hielt ich mich nur für berechtigt, von Indizienbeweisen zu sprechen. Wir müssen gewaltig verallgemeinern, wenn wir die Abstammungslehre auf die angeführten Fälle stützen wollen. Speziell für die Süßwasserkonchylien tritt das Bedenken hinzu, daß dieselben auch in der Gegenwart höchst veränderlich

Digitized by Google

sind, daß einzelne Arten einen großen Formenreichtum umspannen, und es daher bei Außerachtlassen des phylogenetischen Gesichtspunktes gar nichts Überraschendes hat, wenn neben den heutigen Varietäten auch historische Varietäten einer formenreichen Art gefunden werden.

Es ergibt sich aber unzweifelhaft aus den Fossilien der känozoischen Periode, daß im älteren und mittleren Tertiär die Umbildungsfähigkeit der Typen viel größer war, als später, und daß zur Gegenwart hin die Formen immer stabiler werden. Folgendes Wort K. E. von Baers möge hier Platz finden (Studien S. 429):

„Wir kennen keine Neubildung nach dem Auftreten des Menschen, welche sich selbständig fortsetzte. Man verschanze sich nicht hinter die Kürze der Beobachtungszeit. Die große Zahl der entwicklungsfähigen Stämme müßte den Zeitraum ersetzen. Da aber jetzt alle Pflanzen und Tiere, die man aus ihren Verhältnissen gerissen und in andere versetzt hat, eher die Fortpflanzungsfähigkeit verlieren, als sie in der Nachkommenschaft wesentlich neue Formen erzeugen, so müssen wir auch anerkennen, daß die Transformationsfähigkeit, welche in der letzten Tertiärzeit zwar Umformungen zeigte, aber von geringem Grade, in der früheren Tertiärzeit noch stärkere, noch früher aber bei der wahrscheinlichen Umwandlung von Fischen in Reptilien und Vögel noch viel mächtiger gewirkt haben kann, jetzt auf ein Minimum herabgesunken ist und nicht eine Spezies in die andere übergehen läßt."

In dieser Hinsicht scheint mir das Verhalten von Fauna und Flora in der Ostsee bemerkenswert. Die Ostsee ist ein Meer, welches in seiner jetzigen Beschaffenheit erst seit der Diluvialzeit besteht. Das Wasser der Ostsee unterscheidet sich von dem der Nordsee durch einen geringeren Salzgehalt. Auch kann nicht bezweifelt werden, daß die Pflanzenwelt und die Tierwelt der Ostsee aus der Nordsee eingewandert sind; diejenigen Arten, welche den geringeren Salzgehalt gut vertragen, haben sich in der Ostsee unverändert erhalten; andere dagegen zeigen im schwachsalzigen Wasser eine verkümmerte Ausbildung. Wenn man bedenkt, daß Flora und Fauna des süßen Wassers von derjenigen der Nordsee überaus ver-

Digitized by Google

schieden sind, so sollte man meinen, daß die Ostsee der Schauplatz einer ganz neuen Entwicklung, einer neuen Pflanzen- und Tierwelt hätte werden müssen, da sie der chemischen Beschaffenheit des Wassers nach zwischen einem Süßwassersee und dem Atlantischen Ozean die Mitte hält: allein das ist nicht der Fall. Die so sehr veränderten äußeren Bedingungen haben keineswegs das Entstehen einer selbständigen Fauna und Flora in der Ostsee zuwege gebracht; es finden sich in ihr nur Tiere und Pflanzen, die auch die Nordsee und den Atlantischen Ozean bewohnen.

Eine bemerkenswerte Stütze der Abstammungslehre ist die paläontologische Tatsache, daß in älteren Formationen Tiere vorkommen, die in sich Merkmale vereinigen, welche in späteren Schichten nur einzeln an getrennten Spezies auftreten. Dies scheint dafür zu sprechen, daß eine spätere Art aus einer jener früheren Arten hervorging. Freilich darf hierbei nicht unerwähnt gelassen werden, daß auch heutzutage Tiere mit sogenannten Kollektivmerkmalen vorkommen, wie das Schnabeltier, das Merkmale der Vögel mit denen der Säuger verbindet. Es ist dies Tier vermutlich der letzte Ausläufer eines sehr alten Stammes, aber schwerlich ein generatives Bindeglied zwischen Vögeln und Säugern.

Wir haben uns die Stammesgeschichte einer großen Tier- oder Pflanzengruppe wohl am besten vorzustellen unter dem Bilde eines Baumes, dessen Äste in immer feinere Zweige sich teilen; die Endknospen dieser Zweige würden dann die heute lebenden Arten der Gruppe repräsentieren, während der Stamm und die Zweige den untergegangenen Vorfahren derselben entsprechen. Die Endglieder sind entwickelt aus älteren Formen, in denen die Merkmale der heutigen Spezies noch nicht differenziert waren. So wenig nun eine Endknospe eines solchen Baumes aus einer anderen gleichzeitig existierenden Endknospe hervorgegangen sein kann, so wenig Anlaß liegt vor zu der Annahme, daß jetzt lebende Arten aus anderen lebenden Arten durch Umbildung entstanden sind.

Digitized by Google

Wichtige Stützen erhält aber die Deszendenztheorie durch die vergleichende Morphologie der lebenden Formen. Die Vergleichung sowohl der äußeren Gestalt wie des inneren Baues bis auf die Zellen und die chemische Zusammensetzung hinab zeigt uns tausende von Erscheinungen, welche zu Gunsten einer Abstammung sprechen, und meines Wissens keine einzige, die derselben entschieden ungünstig wäre. Um nicht in ein uferloses Gebiet zu geraten, werde ich mich auf die Anführung weniger Beispiele beschränken.

Ich nenne zuerst die Parasiten, wobei ich aus dem Umfange der Tierwelt nur an die Eingeweidewürmer und an die parasitischen Krebse, die auf Walfischen leben, erinnern will. Dagegen, daß diese Parasiten als solche fertig ins Dasein getreten sein sollten, sträubt sich unsere Vorstellung noch mehr, als gegen die unmittelbare Erschaffung eines Vogels oder eines Säugetiers. Zumal jene Walfischparasiten sind frei lebenden Krebsen sehr ähnlich, besitzen jedoch im Zusammenhange mit ihrer parasitären Lebensweise in der Haut der Walfische einen ganz verkümmerten Hinterleib. Das wird verständlich, sobald wir annehmen, daß diese Schmarotzer von anderen, selbständig lebenden Arten abstammen und infolge der Aneignung einer parasitären Lebensweise eine entsprechende Umgestaltung des Körpers erfahren haben.

Die große Mehrzahl der Pflanzen ist chlorophyllhaltig und vermag sich aus Mineralstoffen zu ernähren. Nur solche Pflanzen können ursprünglich, als es auf der Erde lediglich Mineralstoffe gab, existiert haben. Denn alle organischen Beimengungen, die wir heutzutage im Erdboden finden, stammen aus dem Humus, d. h. aus verwesenden Resten abgestorbener Pflanzen und Tiere. Nun gibt es aber zahlreiche Pflanzen, welche nicht von Mineralstoffen allein leben können, sondern in ihrer Ernährung eine mehr tierische Lebensweise befolgen, indem sie organische Kohlenstoffverbindungen teils aus den Säften anderer lebender Pflanzen, teils aus dem Humus des Bodens aufnehmen. Wir unterscheiden danach

Digitized by Google

Parasiten und Humusbewohner und sagen von beiden, daß sie der Ernährung durch organische Verbindungen angepaßt sind. Ihre Entstehung ist am leichtesten, ja kaum anders verständlich, als durch die Annahme, daß sie von anderen Pflanzen mit rein mineralischer Ernährung abstammen.

Da ist zunächst die ganze Klasse der Pilze zu nennen, die alle chlorophyllos und daher Parasiten oder Humusbewohner sind. Wir leiten sie ab von den Algen, die früher existiert haben müssen, als die Pilze, und die in wesentlichen Zügen der Organisation mit jenen übereinstimmen.

Unter den Moosen, Farnen und Gymnospermen kennen wir weder Parasiten noch Humusbewohner. Diese begegnen uns aber wieder in zahlreichen Formen unter den Blütenpflanzen, von denen es ja sicher ist, daß sie überhaupt erst in den späteren mesozoischen Formationen aufgetreten sind.

Es ist von besonderem Interesse, daß diese Blütenpflanzen mit tierischer Ernährung keineswegs eine geschlossene Gruppe bilden, sondern daß sie sich auf ganz verschiedene Familien verteilen. Nachstehend einige Beispiele.

Die Orchideen sind eine große, gegen 7000 Arten umfassende Familie, deren ganz überwiegende Mehrzahl grüne Blätter besitzt und sich wie andere Pflanzen ernährt. In unseren Wäldern und Torfmooren gibt es aber drei Arten, die Nestwurz (Neottia nidus avis), die Korallenwurz (Corallorhiza innata) und den Widerbart (Epipogon Gmelini), die ihren Kohlenstoff dem Humus entnehmen und außer stande sind, die Kohlensäure der Luft zu assimilieren. Dies wird in schlagender Weise dadurch gezeigt, daß diesen drei Pflanzen grüne Laubblätter fehlen und sie an ihrer Stelle nur kleine farblose Schuppenblätter tragen. Wir nehmen an, daß jene Gewächse von grünblättrigen Orchideen abstammen, daß ihre Vorfahren die Fähigkeit erlangten, sich aus dem Humus zu ernähren, und daß sie dann die überflüssig gewordenen grünen Laubblätter nicht mehr entwickelt haben.

Die Erikazeen, wohin das Heidekraut, die Heidelbeere

Digitized by Google

und die Preißelbeere, sowie die Gattung Rhododendron gehören, besitzen in der überwiegenden Mehrzahl grüne Blätter; dennoch gedeihen sie nur in humusreichem Boden, was dafür spricht, daß der Humus Anteil an ihrer Ernährung nimmt. Eine Gattung von Erikazeen aber, der Fichtenspargel (Monotropa), der in unseren Wäldern keine Seltenheit ist, zeigt keine Spur von grünem Farbstoff, seine Blätter sind blaßgelbliche Schuppen. Eine Art dieses Fichtenspargels ernährt sich ganz aus dem Humus, während man bei einer zweiten parasitäre Verwachsung der Wurzeln mit denen grüner Gewächse gefunden hat. Dies Beispiel scheint für eine schrittweise Umbildung der Typen zu sprechen. Schon sämtliche Erikazeen dürften auf einen Zuschuß an Humusnahrung angewiesen sein, während Monotropa sich völlig der Humusernährung, beziehungsweise parasitischer Ernährung angepaßt hat.

Die Konvolvulazeen sind Gewächse mit windendem Stengel und großen grünen Blättern. Eine Gattung dieser Familie aber, die Seide (Cuscuta), hat keine grünen Blätter, sondern lebt parasitisch von Lein, Klee, der Brennessel u. s. w., die sie umwindet und deren Stengel sie mit kleinen Saugwurzeln anbohrt.

In der großen Familie der Skrophulariazeen endlich kennen wir viele Gattungen mit gewöhnlicher Ernährung, während andere trotz vorhandener grüner Blätter doch durch die Wurzeln in parasitärer Verbindung mit anderen Pflanzen stehen, sich also einen Zuschuß an Nahrung aus diesen aneignen. Die beiden Gattungen Lathraea und Orobanche aber sind zu reinen Parasiten geworden; sie besitzen kein Chlorophyll, sondern nur farblose Schuppenblätter.

Bei den erwähnten hochorganisierten Parasiten und Humusbewohnern begegnet uns die wichtige Tatsache, daß sie zwar keine normalen grünen Laubblätter tragen, an ihrer Stelle aber schuppenförmige Organe, welche wir morphologisch und der entwicklungsgeschichtlichen Anlage nach als Blätter auffassen müssen, aber als Blätter, die ihre Funktion ver-

Digitized by Google

loren haben. Wir sprechen in solchem Falle von rudimentären Organen. Es ist das eine Kategorie von Organen, die im ganzen Pflanzenreiche wie Tierreiche in großer Ausdehnung auftritt und zeigt, daß die Entwicklung der Typen nicht bloß eine vorschreitende war, sondern teilweise auch eine rückschreitende, daß sie von einer vollkommneren Ausgestaltung zu einer unvollkommneren sich hinbewegt haben kann. Sie lehrt zugleich, daß, wenn in der Phylogenie ein Organ seine Funktion verlor, das Organ selbst als morphologisches Glied noch erhalten bleiben konnte. Gerade die rudimentären Organe hat man stets als eine der wichtigsten Stützen der Abstammungslehre betrachtet, weil es schwer ist, sich vorzustellen, warum sie an Tieren und Pflanzen vorkommen, wenn der Grund dieses Vorkommens nicht in der Abstammung von Formen gesucht werden kann, welche einst diese Organe in einer funktionsfähigen Ausprägung besaßen.

Ich nenne sodann die insektivoren Pflanzen. Dieselben gehören wie die Parasiten und Humusbewohner ganz verschiedenen Familien an. Sie stimmen alle darin überein, daß ihre, übrigens immer chlorophyllhaltigen Blätter die merkwürdigsten Anpassungen zeigen, nicht nur Insekten zu fangen, sondern auch zu verdauen, großenteils mit denselben chemischen Mitteln, durch welche Fleisch im Magen der Tiere verdaut wird. Diese Insektennahrung kann auch nur einen Zuschuß zu der gewöhnlichen Nahrung, die mit den Wurzeln und Blättern dieser Pflanzen aufgenommen wird, bedeuten. Indessen bilden die Insektivoren insofern einen Gegensatz zu den Humusbewohnern und Parasiten, als bei ersteren die Blätter niemals rudimentär werden, sondern im Gegenteil eine progressive Ausgestaltung erfahren, indem alle jene merkwürdigen Umbildungen hinzutreten, wie sie uns bei Drosera, Dionaea, Nepenthes, Utricularia u. s. w. bekannt geworden sind. In morphologischer Hinsicht zeigen diese Gewächse also nicht einen Rückschritt, sondern eine Vervollkommnung der Organisation.

Digitized by Google

Weiter sind die Flechten zu nennen. Sie repräsentieren eine Pflanzenklasse, welche durch Vereinigung je einer Alge mit einem Pilz zu einem sogenannten Konsortium entsteht, wobei die Kohlenstoffernährung von dem Algenkonsors versehen wird. Diese Flechtenkonsortien verhalten sich morphologisch wie einheitliche, der Mineralernährung angepaßte Pflanzen. Sie konnten aber erst aus dem Zusammentritt von Algen und Pilzen entstehen, und da alle Tatsachen dafür sprechen, daß solche Vereinigung zu gemeinsamer Wirtschaft nur zwischen mikroskopischen Algen und ganz kleinen unscheinbaren Pilzen stattgefunden hat, während die meisten Flechten ansehnliche und schon für das bloße Auge gut unterscheidbare Gewächse sind, so schließen wir, daß die tausende von Flechten, die wir kennen, namentlich die großen Formen, wie Peltigera, Parmelia, Usnea, Cladonia u. s. w. nur durch phylogenetische Fortentwicklung der ersten Konsortien sich gebildet haben können. Auch dieser Entwicklungsprozeß ist wie derjenige der Insektivoren ein progressiver gewesen.

Als letztes Beispiel mögen die neuholländischen Akazien erwähnt sein.

Es ist eine Eigentümlichkeit der Flora des australischen Kontinents, daß die Blattflächen seiner Holzgewächse großenteils nicht horizontal stehen, wie bei uns, sondern vertikal. Man deutet dies als eine Anpassung an das sonnige, dürre Klima des Landes; denn die Sonnenstrahlen treffen bei vertikaler Stellung der Blattflächen die Gewebe weniger heftig, die Pflanzen sind dadurch der Gefahr des Verdorrens weniger ausgesetzt. Solche vertikal stehenden Blätter finden sich in jenem Lande bei Pflanzen der verschiedensten Familien, daneben kommt aber auch immer wieder Normalstellung vor. In dieser Hinsicht zeigen sich die Akazien als besonders bemerkenswert.

Die durch die wärmeren Länder der Erde verbreitete Gattung Acacia zählt etwa 500 Spezies. Alle außeraustralischen Arten tragen doppelt gefiederte Blätter. Von

Digitized by Google

den australischen Arten besitzt auch ein geringer Teil horizontal stehende Fiederblätter; die große Mehrzahl, etwa 300, hat aber ungeteilte Blätter mit vertikaler Stellung der Fläche. Beobachtet man bei einer dieser letzteren, die man phyllodine Arten nennt, die Entwicklung aus dem Samen, so zeigt sich, daß auf die beiden Keimblätter oder Kotyledonen zuerst horizontale Fiederblätter folgen und dann erst einfache Vertikalblätter, sogenannte Phyllodien, auftreten. Hierin liegt ein Fingerzeig für den Schluß, daß normale fiederblättrige Akazien zuerst in Neuholland einwanderten, und daß dann aus diesen durch Umbildung die 300 phyllodinen Arten entstanden sind. In den Fiederblättern der Sämlinge der phyllodinen Arten gibt sich nach dieser Auffassung eine vererbte Erinnerung an die Abstammung von den fiederblättrigen Typen, also eine Rückschlagsbildung, zu erkennen. Man würde vergebens nach einer anderen Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung suchen.

Die Samenpflanzen der phyllodinen Akazien zeigen aber noch mehr. Sie lassen erkennen, daß im Laufe der ontogenetischen Entwicklung die gefiederte Blattfläche allmählich immer kleiner wird und zuletzt ganz schwindet, während der Blattstiel sich nach und nach immer mehr in vertikaler Richtung verbreitert bis zum fertigen Phyllodium. Diese Entwicklung läßt sich schrittweise von den unteren bis zu den oberen Blättern einer Samenpflanze verfolgen und lehrt, daß ein Phyllodium nicht der gefiederten Spreite, sondern dem Stiel eines Fiederblattes gleichwertig ist. Man interpretiert demnach so: die horizontalen Fiederspreiten waren für viele dieser Akazien auf neuholländischem Boden nachteilig, darum wurden sie in schrittweiser Umbildung durch die vertikal verbreiterten Blattstiele ersetzt. Wir erkennen daraus, wie unter besonderen Umständen ein Organ sich in ein anderes, besser angepaßtes, umwandeln kann.

Dabei ist kaum anzunehmen, daß die Stammform jeder uns bekannten phyllodinen Art eingewandert ist, sondern

Digitized by Google

voraussichtlich sind die 300 Phyllodinen aus einer verhältnismäßig geringen Zahl normaler Einwanderer hervorgegangen. Wenn neben jenen sich auch normale fiederblättrige Arten in Neuholland erhalten haben, so liegt dies wohl daran, daß sie durch günstige Standorte sich gegen die Unbilden des Klimas zu schützen vermochten.

Die Umbildung der phyllodinen Akazien aus normalen ist also in Bezug auf die Blattspreiten regressiv, in Bezug auf die Blattstiele progressiv. Ihre Sämlinge können uns als Beispiele dafür dienen, daß viele, vorübergehend an jugendlichen Pflanzen- und Tierformen auftretenden Merkmale sich deuten lassen als Anklänge an den Gang der phylogenetischen Entwicklung der betreffenden Art. Aus solchen Erscheinungen hat man sogar den Schluß gezogen, besonders im Hinblick auf embryonale Verhältnisse im Tierreiche, daß die ontogenetische Entwicklung eine abgekürzte Wiederholung der phylogenetischen sei.

Noch in anderer Richtung sind die neuholländischen Akazien lehrreich, insofern sie zeigen, daß auch die geographische Verbreitung der Pflanzen und Tiere für die Aufhellung ihrer Stammesgeschichte Verwendung finden kann. Es ließen sich zahlreiche Beispiele dafür anführen, daß der Ort der phylogenetischen Entstehung gewisser Typen aus ihrem gegenwärtigen Vorkommen gefolgert werden kann, indessen muß ich mich mit dieser Andeutung begnügen.

Jedenfalls liefern die Paläontologie, die vergleichende Morphologie, die Ontogenie und die Geographie der Organismen eine beträchtliche Zahl von Anzeichen, die eine Stammesentwicklung der Tiere und Pflanzen wahrscheinlich machen, ja zu fordern scheinen. Die überzeugende Kraft aller dieser Tatsachen zusammengenommen ist so groß, daß vielleicht alle Biologen der Gegenwart von der Richtigkeit dieser Vorstellung und von einer Analogie zwischen Phylogenie und Ontogenie überzeugt sein dürften. Freilich, das wiederhole ich, eine vollgültige Beweisführung ist wegen der

Digitized by Google

Lückenhaftigkeit des Materials ausgeschlossen; die Wahrscheinlichkeit wird aber allerseits so hoch angeschlagen, daß die Deszendenzhypothese in der Biologie geradezu wie ein Axiom gehandhabt wird.

Und wie soll man die so engen und merkwürdigen Beziehungen der Pflanzen- und Tierformen untereinander erklären, wenn man sie sich nicht durch Abstammung verknüpft denken will? Bei jeder anderen Hypothese bleibt so vieles ganz dunkel, was im Lichte der Deszendenztheorie verständlich erscheint. „Daß der Gedanke", sagt K. E. von Baer*), „die verschiedenen Lebensformen seien auseinander hervorgegangen, viel näher liegt, als daß alle einzelnen Formen besonders geworden sind", ist ohne weiteres zuzugeben. Kein Botaniker und Zoologe kann sich dem Eindrucke verschließen, daß die Arten, Gattungen, Familien und Ordnungen nicht durch bloß zufällige Ähnlichkeit der Gestalt bedingt werden, sondern daß es sich um geschlossene Formgruppen handelt, die genetisch zusammenhängen.

Etwas ganz anderes ist es, ob die Gesamtheit der Pflanzen und der Tiere einen gemeinsamen, einheitlichen Stammbaum besitzt oder deren mehrere, vielleicht viele.

Wir setzen voraus, daß alle Organismen außer den ersten durch Fortpflanzung entstanden sind. Ist dies richtig, so müssen auch die Säugetiere und die Blütenpflanzen durch Fortpflanzung aus anderen Tieren und anderen Pflanzen hervorgegangen sein, welche vor ihnen lebten.

Wenn wir nun annehmen, daß die ersten Pflanzen einfache Zellen waren, so ist doch wahrscheinlich, daß von diesen Urzellen gleichzeitig eine große Zahl ins Leben gerufen wurde. Denn es ist eine durchgehende Naturerscheinung, daß alle Keime in verschwenderischem Überfluß erzeugt werden; warum sollten die ersten Keime des Pflanzenreiches davon eine Ausnahme gemacht haben? Wäre ursprünglich nur eine

*) Studien S. 283.

Digitized by Google

einzige Zelle gebildet worden, so hätte das Fortbestehen des Lebens eine sehr unsichere Gewähr gehabt.

Sobald wir für das Pflanzenreich mehrere nebeneinander aus lebloser Materie gewordene Urzellen annehmen, besteht aber schon keine allgemeine Blutsverwandtschaft der Pflanzenwelt mehr. Bei Annahme einer Vielzahl von Urzellen konnten diese untereinander gleich sein, d. h. nur solche Unterschiede besitzen, wie sie auch heute an den Keimzellen einer einzigen Pflanze vorkommen; oder sie konnten erheblicher voneinander abweichen, etwa so wie die Zellen verschiedener einzelliger Spezies einer Algengattung der Gegenwart. Wie groß aber die Unterschiede der Urzellen auch sein mochten, ausgeschlossen ist nicht, daß deren viele Millionen nebeneinander entstanden, daß jede derselben seit jener ältesten Zeit sich fortentwickelte und teils früher und schneller, teils später und langsamer eine stabile Gestalt erreichte; diese endgültigen Formen wären die Arten. Ein Teil der Arten wäre dann im Laufe der Erdgeschichte wieder ausgestorben, ein anderer Teil hätte sich bis in die Gegenwart hinein erhalten. Damit hätten wir so viele Urzellen im Anfange, als später überhaupt Arten auf der Erde vorkamen, es wäre das eine Verbindung der Linnéschen mit der phylogenetischen Anschauung*). Dann bestände zwischen den Arten überhaupt keine Blutsverwandtschaft, sondern nur eine mehr oder weniger weitgehende Analogie. Ich glaube indessen kaum, daß für solche Hypothese sich einige Wahrscheinlichkeit würde geltend machen lassen.

Während wir hier annehmen, daß nur einmal, und zwar in nebelhafter Vorzeit, Organismen aus leblosem Stoff entstanden sind, gelangt Nägeli, der Verteidiger der Urzeugung, von anderen Voraussetzungen aus zu teils ähnlichen, teils entgegengesetzten Meinungen. Nägeli glaubt,

*) Vgl. hierzu Wigand, Die Geologie der Urzellen, Braunschweig 1872.

Digitized by Google

daß Urzeugung nicht bloß einmal, sondern fortwährend stattgefunden habe und auch heute noch stattfinde. Jeder durch Urzeugung gebildete Organismus ist nach ihm der Ausgang einer phylogenetischen Reihe. Die vollkommensten Pflanzen der Gegenwart sind die Endglieder der ältesten Reihen; während die heute existierenden einzelligen Gewächse die jüngsten Typen sein sollen, die ihrerseits aber die Fähigkeit in sich tragen, in der Zukunft auch einmal hochorganisierte Gewächse zu werden. Auch bei dieser Vorstellung wäre die Blutsverwandtschaft der Formen mindestens eine sehr beschränkte, es würde sich vorwiegend nur um Übereinstimmungen handeln, die in einer mehr oder weniger analogen Beschaffenheit der zu den verschiedensten Zeiten entstandenen Urzellen ihren Grund haben. Was wir heute Verwandtschaft nennen, wäre tatsächlich nur Ähnlichkeit. Auch dies ist eine Annäherung an den Linnéschen Standpunkt. Dennoch ist Nägeli Anhänger einer weitgehenden phylogenetischen Umbildung der Arten, was eigentlich gar nicht als notwendige Konsequenz seiner Hypothese der fortgesetzten Urzeugung erscheint.

Darwin vertritt die allmähliche Entwicklung der Arten aus wenigen Urformen unter vielfacher Umprägung und Gabelung des Typus, und diese Auffassung hat sich bisher der allgemeinsten Zustimmung zu erfreuen gehabt. Bei ihrer Annahme würde die Blutsverwandtschaft eine weitgehende sein; wenn auch zugegeben werden muß, daß, sofern jede dieser „Urformen" in mehreren übereinstimmenden Exemplaren gebildet wurde, schon innerhalb der einzelnen Typen analoge, also nur auf Ähnlichkeit beruhende und somit lediglich im idealen Sinne als verwandt zu bezeichnende Entwicklungsreihen angenommen werden müssen.

Ich glaube, daß diese Andeutungen hinreichen werden, um darzutun, auf wie unsicherem Boden unsere Vorstellungen über den Ursprung der Arten auch bei Voraussetzung der Richtigkeit der Deszendenztheorie sich bewegen. Immer wieder werden wir zu einer Analogie der Organisation

Digitized by Google

neben der Blutsverwandtschaft hingeführt, sobald wir die ursprüngliche Entstehung von mehr als einer Zelle annehmen. Daß wirklich in einer einzigen Urzelle alle Geschlechter der Pflanzen und Tiere phylogenetisch wurzeln sollten, ist wohl eine konsequente spekulative Konstruktion, allein einleuchten will sie wenig, wenn wir alle in Betracht kommenden Umstände erwägen. — Übrigens sei noch erwähnt, daß auch K. E. von Baer kein Anhänger einer einheitlichen Abstammung ist, sondern sogar der Annahme einer während der Erdgeschichte von Zeit zu Zeit sich wiederholenden Urzeugung beziehungsweise Neuschöpfung den Vorzug gibt*). Es scheint, daß wir auf diesem Felde wissenschaftlicher Spekulation nicht so leicht zu einer Einigung gelangen werden und zufrieden sein müssen, wenn unsere Vorstellungen in weiten Grenzen übereinstimmen und keine handgreiflichen Widersprüche gegen feststehende Tatsachen enthalten.

Immerhin glaube ich, daß wir keinen großen Fehler begehen, wenn wir für einzelne Hauptabteilungen der Tiere und Pflanzen, z. B. die Dikotylen, einen einheitlichen Ursprung annehmen, wobei aber die Möglichkeit ausdrücklich zugelassen werden muß, daß auch die Dikotylen in letzter Instanz auf eine Reihe von Exemplaren übereinstimmender Urformen zurückreichen. Von dieser Möglichkeit soll jedoch im Interesse vereinfachter Anschauung Abstand genommen werden, und in den nachfolgenden Betrachtungen von der Entwicklung monophyletischer Stämme die Rede sein, d. h. solcher, für die eine einzige Urform als Ausgangspunkt der phylogenetischen Entwicklung gesetzt wird.

Bei allen phylogenetischen Untersuchungen dürfen wir nicht unberücksichtigt lassen, daß der Artcharakter der höheren Pflanzen schon in der Struktur des Protoplasma der einzelnen Zellen gegeben ist. Das gilt zunächst vom Ei. Das Ei des Apfelbaums ist vom Ei des Birnbaums so gut spezifisch

*) Studien S. 416—418.

Digitized by Google

verschieden wie der blühende Apfelbaum vom blühenden Birnbaum, wie das Blatt oder die Frucht beider Arten. Daß den einzelnen Zellen einer Pflanze diese spezifischen Eigenschaften innewohnen, erkennen wir darin, daß ein geschickter Experimentator aus dem kleinsten Stück eines Weidenzweiges wieder eine Weide der gleichen Art erziehen kann. Zerhackt man eine dafür geeignete Moospflanze in möglichst kleine Stücke, so kann man aus jeder Zelle wieder ein Moos heranwachsen sehen, das die Speziesmerkmale der zerschnittenen Pflanze zur Schau trägt. Also innere unsichtbare Organisationsverhältnisse der Zellen bedingen den Artcharakter; die äußeren grobsinnlichen Merkmale der Arten sind uns nur bequeme Anhaltspunkte für ihre Unterscheidung und Klassifikation. Die Pflanze vollendet in ihrer Entwicklung einen Kreislauf vom Ei zum großen erwachsenen Individuum und zum Ei zurück; und die Arten bestehen aus den von solchen Ringen gebildeten Ketten.

Eine Frage, die viel erörtert worden, ist die nach der Geschwindigkeit der Umbildung und der Größe der einzelnen phylogenetischen Schritte. Darwin nimmt eine allmähliche Umbildung an, deren Schritte den Unterschieden entsprechen, die wir zwischen den Pflanzenindividuen einer einzigen Aussaat, z. B. der Rapspflanzen eines einzigen Feldes, finden; er nennt dies langsame Abänderung auf dem Wege der Variation. Andere stellten dieser Meinung die Hypothese einer sprungweisen Veränderung entgegen, es war namentlich Kölliker, der mit Entschiedenheit dieselbe gefordert hat. Danach soll aus einem niederen Organismus plötzlich und unvermittelt ein höherer entspringen können, wie wir Ähnliches auch heute noch im Generationswechsel der Tiere und Pflanzen beobachten. In diesem Sinne hat sich auch K. E. von Baer ausgesprochen. Er vergleicht den phylogenetischen Entwicklungsgang eines Tierstammes mit der Ontogenie einer Pflanze, z. B. einer Tulpe, bei der auch Zwiebelschuppen, Laubblätter, Blütenblätter, Staubgefäße, Fruchtblätter ohne

Digitized by Google

Übergänge aufeinanderfolgen*). So soll auch die Stammesentwicklung nicht einen langsamen kontinuierlichen Prozeß bilden, sondern eine Spezies unvermittelt aus einer anderen hervorgehen können.

Leider fehlt es zur Entscheidung dieser Frage, in die wir uns darum nicht allzusehr vertiefen wollen, an jeder Handhabe. Vielleicht ist beides, langsame und sprungweise Umbildung, nebeneinander vorgekommen. Hätten wir nur eine angenähert richtige Vorstellung von der Zeitdauer der geologischen Perioden**), so würde sich vielleicht berechnen lassen, ob die langsame, ununterbrochene Entwicklung Darwins überhaupt denkbar ist.

Die Deszendenzlehre führt uns in einen Zauberwald, in dem aus allen Richtungen uns eine Fülle ungelöster und großenteils unlösbarer Rätsel entgegenstarrt; nichts ist daher irriger als der Glaube, daß sie selbst die Lösung des großen Welträtsels brächte. Allein trotz aller Unsicherheit ist diese Lehre der Ausdruck der wissenschaftlichen Überzeugung unseres Zeitalters, und darin besteht ihr gutes Recht. Nach dem ersten Rausche, der auf Darwins 1858 erschienenes Buch folgte, ist längst Ernüchterung und Selbstbesinnung eingetreten. Trotzdem halten wir an der Abstammungshypothese fest, und die Überzeugung ist eine allgemeine, daß sie durch keine Flut anderer Meinungen wieder hinweggespült werden wird. Ob diese Überzeugung richtig ist, kann nur die Zukunft erweisen. Der Wissenschaft darf nur daran liegen, die Wahrheit zu finden oder der Wahrheit möglichst nahe zu kommen. Sollte sich daher einmal eine andere Vorstellung als die wahrscheinlichere erweisen, so würde auch die Deszendenzlehre preiszugeben sein, selbst wenn sie eine noch so große Befriedigung

*) Studien S. 437.

**) Nach einer während des Druckes dieses Buches durch die Zeitungen gegangenen Nachricht soll William Thomson berechnet haben, daß seit Erstarrung der Erdkruste nicht weniger als 20 und nicht mehr als 400 Millionen Jahre verflossen sein könnten.

Digitized by Google

gewährt. Denn ein anderes Gefühl der Befriedigung als dasjenige, welches die Wahrheit uns gibt, darf die Wissenschaft nicht als berechtigt anerkennen. Darum soll jede Erklärung sich frei zu halten suchen von dem, was ihr angenehm wäre, damit man ihr nicht einst Goethes Wort vorhalte:

Mit seltner Kunst flichtst du der Götter Rat
Und deine Wünsche klug in eins zusammen.

Mit der Umbildungslehre selbst ist von jeher die Erörterung der Ursachen und Bedingungen der Umbildung Hand in Hand gegangen, und besonders die Theorie Darwins ist ein großartig angelegter Versuch, diese Bedingungen auf einheitliche Prinzipien zurückzuführen. Die nächsten Kapitel werden diesen und andere Versuche einer „Kausalerklärung" der Mannigfaltigkeit der Organismen einer Besprechung unterziehen.

Digitized by Google

Kapitel 28.

Die Selektionslehre.

Der eigentliche Kern von Darwins Lehre ist die natürliche Züchtung im Kampf um das Daseiu, natural selection in struggle for life, daher auch kurz als Selektion bezeichnet.

Darwin geht davon aus, daß im Anfange einige wenige Urformen von Organismen durch einen Schöpfungsakt ins Leben gerufen waren, die sich dann im Laufe der Erdgeschichte zu der uns bekannten Pflanzen- und Tierwelt entwickelten. Die Arten sind nach seiner Ansicht nicht fest, sondern flüssig, sie stellen in der Gegenwart nur einen Durchschnittspunkt der Entwicklung dar. Die Bedingungen der Umbildung, welche Darwin anerkennt, sind erstens die Selektion, zweitens die Vererbung erworbener Eigenschaften, drittens der Einfluß äußerer Agentien. Hier möge zunächst nur die Selektion in Betracht kommen. Den Begriff derselben hat Darwin der künstlichen Tier- und Pflanzenzucht entlehnt, und er sucht den Nachweis zu führen, daß die Gesamtheit der Lebensbedingungen auf die Abänderung der Arten einen ähnlichen Einfluß übt wie die intelligente Tätigkeit eines Tierzüchters auf die Rassenbildung.

Es bedarf dies Prinzip einiger Erläuterungen.

Den Ausgangspunkt für alle Abänderung bildet bei Darwin die Variation, die Tatsache, daß Abkömmlinge den Eltern niemals vollständig gleichen, sondern sich stets in mehr oder weniger unerheblichen Eigenschaften von denselben unterscheiden. Diese Variation wurde von den Gärtnern und

Digitized by Google

Tierzüchtern benutzt, um aus wilden Arten Kulturrassen zu züchten, die für den Gebrauch des Menschen einen erhöhten Wert besitzen. So stammen z. B. die Möhre mit dicker fleischiger Wurzel von der wildwachsenden Daucus Carota mit holziger Wurzel, unsere sämtlichen kultivierten Äpfel- und Birnensorten von dem im wilden Zustande meist ungenießbare Früchte tragenden Pirus malus und Pirus communis, alle Kohlarten von der in der ursprünglichen Form unbrauchbaren Brassica oleracea. Um die für den Haushalt des Menschen nützlichen Spielarten oder Varietäten aus der Stammform einer Pflanzenspezies zu erziehen, bedurfte es einer, zahlreiche Generationen hindurch fortgesetzten künstlichen Häufung der nützlichen Eigenschaften mittelst Zuchtwahl oder Auslese. Für eine solche fortgesetzte Züchtung wählt man unter den zahlreichen Individuen einer Aussaat zur Gewinnung von Samen ausschließlich diejenigen aus, welche eine für den Zweck der Kultur nützliche Eigenschaft am schärfsten ausgeprägt zeigen. Diese Eigenschaft vererbt sich in höherem oder geringerem Grade; und unter den Nachkommen werden sich wieder einige finden, die nach einer Richtung variiert haben, welche den speziellen Zielen des Züchters am meisten entspricht. Ausschließlich von solchen wird wieder der Same ausgesät, die Auslese unter der Nachkommenschaft wird in der gleichen Richtung fortgesetzt, und so gelingt es, im Laufe vieler Generationen eine Kulturrasse ins Leben zu rufen, deren Eigenschaften sich mit verhältnismäßiger Konstanz auf die Nachkommen vererben. Für den Gärtner besteht dann die weitere Aufgabe darin, die der Kulturpflanze angezüchteten nützlichen Merkmale dauernd festzuhalten; und diese Aufgabe läßt sich lösen durch Herstellung solcher äußeren Lebensbedingungen, die der betreffenden Rasse am meisten zusagen, welche die Erhaltung ihres morphologischen Gleichgewichtszustandes begünstigen, also durch verschiedene Kunstgriffe der Kultur. Neu entstandene Varietäten vermögen sich zu erhalten, wenn ihnen diejenigen Lebensbedingungen dargeboten werden, denen ihre Organisation am

Digitized by Google

besten angepaßt ist. Sind die Vegetationsbedingungen dagegen ungünstig, so geht die Varietät wieder zu Grunde; wenn die Samen der Kohlrassen auf nicht kultiviertem Boden ausgesät werden, so schlagen die unter sich so abweichend organisierten Varietäten, wie der Blumenkohl, Rosenkohl, Kopfkohl, Winterkohl u. s. w., im Laufe einiger Generationen in die wilde Stammform zurück, eine rapsartige Pflanze, die man an den Abhängen von Helgoland sammeln kann. Es repräsentieren die Kulturrassen den Zustand eines labilen, durch künstliche Mittel gestützten, die wilde Urform den eines stabilen morphologischen Gleichgewichts.

Mit der Vervollkommnung der Rassen unserer Haustiere verhält es sich ähnlich. Man kann z. B. das Schaf züchten auf Fleisch oder auf Wolle. Will man ersteres, so wird sorgfältig darüber gewacht, daß nur solche Tiere einer Herde sich miteinander paaren, die zu stärkerem Fleischansatz hinneigen, ohne Rücksicht auf die Wolle. Kommt es dagegen auf Wollproduktion an, so veranlaßt man die Paarung von Schafen mit besonders langer Wolle; auch kann auf feine Wolle im Gegensatz zu vieler Wolle gezüchtet werden, deren Qualität eine minderwertige ist.

Dies letztere Beispiel ist noch in anderer Hinsicht lehrreich. Es ist dem Züchter immer nur möglich, die Vervollkommnung in einer Richtung zu bewirken; er kann nicht zugleich auf Wolle und auf Fleich züchten, weil beide Richtungen divergieren; ein solcher Versuch würde zu gar nichts führen, sondern voraussichtlich den Wert der Rasse herabdrücken.

Es dürfte einleuchten, daß die in bestimmte Richtung gelenkte Variation im Laufe zahlreicher Generationen Organe vergrößern und verkleinern kann, letzteres bis zum Schwinden; sie vermag vollkommenere oder weniger vollkommene Organismen zu erzeugen, progressiv oder regressiv zu wirken. Die Variation kann erbliche Varietäten schaffen, deren Unterscheidung von wirklichen Arten schwierig ist. Besonders für Tauben hat Darwin gezeigt, daß die Variation außer-

Digitized by Google

ordentlich weit getrieben werden kann; auch andere Tiere verschiedener Rasse weichen sehr voneinander ab, z. B. Hunde, Kaninchen. Im allgemeinen deutet man als Varietäten im Gegensatz zu Arten alle diejenigen Formen, an welchen sich unter den dafür erforderlichen Umständen ein Zurückschlagen in die Primärform beobachten läßt. Der künstlichen Züchtung ist es aber noch niemals gelungen, neue Formen zu erzielen, die widerspruchslos als Arten angesehen werden müssen. Mag es noch so viele Hunderassen geben, man läßt sie doch immer nur als Varietäten von Canis fidelis gelten.

Nicht bloß der Pflanzenzüchter vermag durch geschickte Benutzung der Variation Merkmale nach Willkür zu häufen und die Pflanzen zur Entwicklung von Varietäten zu zwingen, auch bei wildwachsenden Pflanzen tritt uns Varietätenbildung entgegen. Wenn diese wilden Varietäten sichtbare Merkmale auf die Nachkommen vererben, hat auch bei ihnen meist schon eine Verstärkung dieser Eigenschaften durch Generationen hindurch stattgefunden. Hier, wo die ordnende Hand des Menschen nicht eingreift, um die Entwicklungsrichtung der Rasse vorzuzeichnen, tritt nach Darwin jenes Moment in Wirksamkeit, das von ihm natürliche Auslese genannt worden ist, und welches gleiche Wirkungen ausüben soll wie die künstliche Zuchtwahl.

Wenn wir uns eine beliebige Bodenfläche mit den Samen einer einzigen Spezies dicht besät denken, so wird unter den aufgehenden Pflänzchen eine Konkurrenz entbrennen um den Raum, um die Nährstoffe des Bodens, um Luft und Licht, ein Kampf um das Dasein, in welchem die von Natur stärkeren Individuen die schwächeren übergipfeln, unterdrücken, ersticken werden. Ein gleicher Kampf ums Dasein wird sich erheben, wenn verschiedene Arten durcheinander ausgesät werden, die gleiche Ansprüche an die Beschaffenheit des Standortes stellen. Im letzteren Falle kann eine schwächere Art durch eine stärkere gänzlich verdrängt werden, wenigstens in zweiter und dritter Generation; es werden immer die von Natur

Digitized by Google

kräftiger wachsenden Arten als Sieger aus diesem Kampfe hervorgehen.

Eine andere Wendung nimmt der Kampf um das Dasein, wenn mehrere untereinandergemengte Spezies verschiedene Ansprüche an die Beschaffenheit des Bodens erheben, auf dem sie wachsen. Denken wir uns einen Acker, der ein paar feuchte Stellen enthält, mit Weizen bestellt, der durch Samen des Windhalm (Apera spica venti) verunreinigt war, so wird der Windhalm mit aufgehen, aber auf dem trockneren Boden durch den rascher emporwachsenden Weizen bald überholt und unschädlich gemacht werden; an den nassen Stellen dagegen gedeiht Windhalm besser als Weizen; er wird den letzteren vollständig überwuchern, und zur Zeit der Ernte gewinnt es den Anschein, als sei nur Windhalm an jenen Stellen ausgesät worden. Aus dieser Erscheinung entstand das Märchen der Verwandlung von Weizen in Windhalm, von Roggen in Trespe, überhaupt der Kulturpflanzen in Unkräuter. Tatsache ist nur der verschiedene Erfolg des Kampfes ums Dasein zwischen beiden, und Aufgabe des Menschen ist es, den Boden so zu bereiten, daß die Kulturpflanzen dadurch im Kampfe gefördert werden und obsiegen.

Dieser Kampf ums Dasein vertritt nach Darwin in der von ihm ausgeübten natürlichen Auslese die Stelle des in der Zuchtwahl zielbewußt auslesenden Menschen.

Wenn an einer Pflanze durch Variation ein neues Merkmal auftritt, welches derselben irgend welchen Nutzen in ihrem Kampf um das Dasein gewährt, so ist einleuchtend, daß dies Exemplar bessere Aussicht hat, zur Bildung reifer Samen und damit zur Fortpflanzung zu gelangen, als die übrigen Exemplare der gleichen Art, welchen jenes Merkmal fehlt. Unter den Nachkommen dieser Pflanze werden wiederum die durch zufällig aufgetretene Merkmale für den Kampf um das Dasein am vorteilhaftesten ausgerüsteten Individuen die anderen überflügeln. Durch diese Erwägung glaubt Darwin gezeigt zu haben, auf welche Weise der Kampf um das Dasein eine

Digitized by Google

Auslese zu halten vermag, und wie derselbe im stande ist, im Laufe vieler Generationen die für die Erhaltung der Pflanzen nützlichen Merkmale zu steigern, neue, vorteilhafte Eigenschaften zu erwerben, überflüssige und somit nur hinderliche abzustreifen. Insbesondere werden diejenigen durch natürliche Auslese entstandenen Varietäten sich erhalten, die unter besonderen Lebensbedingungen vorkommen, an eigenartigen Standorten wachsen, und deren Organisation im Laufe der Generationen gerade die für solchen Standort, für solches Klima vorteilhafteste geworden ist, den äußeren Lebensbedingungen sich am meisten angepaßt hat. So entstehen die mit erblichen Eigenschaften ausgerüsteten Varietäten besonderer Standorte.

Darwin hat nun dies Prinzip der natürlichen Auslese benutzt, um auch die Entstehung der Arten daraus abzuleiten, und weiter in kühnem Analogieschluß die der Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen. Er betrachtet die Arten als befestigte Varietäten gemeinsamer Abstammung, deren Anpassungsmerkmale durch Selektion ausgebildet wurden. Weil dabei die Umwandlung einer Spezies in eine andere ebenso langsam und allmählich vor sich gegangen sein soll wie die Entstehung einer Varietät, so ist hierfür eine sehr lange Zeitdauer erforderlich.

Wenn wir die nach dieser Auffassung zwischen den Arten zu erwartenden Übergangsformen tatsächlich nicht beobachten, so macht Darwin geltend, daß der Kampf um das Dasein notwendig dahin wirken muß, daß nur die weiter auseinanderstehenden Formen einer Entwicklungsreihe sich erhalten. Wir finden im Freien zahlreiche Arten durcheinander wachsen, weil jede einzelne etwas andere Ansprüche an Standort und Bodenbeschaffenheit stellt, dieselben vertragen sich besser miteinander als lauter Exemplare der gleichen Art. Die gegenseitige Schädigung im Wettbewerb um die Existenzmittel wird desto geringer sein, je verschiedener die Bedürfnisse der Individuen sind. Demnach liegt es nahe, daß im Kampfe ums Dasein die extremen Varietäten erhalten wurden, die Mittelformen

Digitized by Google

zu Grunde gingen, und daß in der Gegenwart die unter sich am meisten abweichenden Glieder der zahllosen Entwicklungsreihen als scharf geschiedene Arten unvermittelt nebeneinanderstehen. Dies nennt Darwin das Prinzip der Divergenz. Eine Spezies muß schließlich konstant bleiben, sobald sie die für ihre Lebensbedingungen bestmögliche Organisation erlangt hat, ein Zustand stabilen Gleichgewichts, dem die Entwicklung zustrebt.

Dies ist in Kürze die Darlegung von Darwins Gedankengang. — „I am convinced", äußert der große Naturforscher an einer Stelle, „that natural selection has been the main, but not the exclusive mean of modification."

Den wichtigsten Anteil an der Umprägung der Typen hat Darwin also der natürlichen Auslese zugeschrieben. Aus den unbestreitbaren Tatsachen der Variation, der Vererbung und des Kampfes ums Dasein ergibt sich zweifelsohne ein Züchtungsprozeß. Es fragt sich nur, wie weit derselbe reicht. Beobachtet ist die Wirkung einer Züchtung allerdings nur bis zur Entstehung von Spielarten, und auch diese sehen wir nur durch den bewußten Eingriff menschlicher Intelligenz zu stande kommen; außer der zielstrebigen Variation der Kulturrassen wird alles übrige lediglich deduziert. Aber gerade das Zustandekommen einer Umbildung ohne Eingreifen von Intelligenz ist das eigentliche Wesen von Darwins Selektionslehre; insofern besteht keine Analogie zwischen „natürlicher" und künstlicher Züchtung, als die letztere nur durch Intelligenz zu stande gebracht wird. Auch darf nicht übersehen werden, daß schon die Neubildung einer Art durch Selektion Hypothese bleibt; wie viel mehr gilt dies nicht von der Entstehung der Gattungen und Familien, die durch einen weiteren Analogieschluß auf Selektion zurückgeführt wird.

Wichtig ist ferner, festzuhalten, daß Darwins Lehre über die erste Entstehung des Lebens gar nichts aussagt, oder vielmehr die ersten und unvollkommensten Organismen durch Schöpfung entstanden sein läßt. Sie sind ihm der gegebene

Digitized by Google

Anfang, der archimedische Punkt, dessen er bedarf, dessen Grundlage ihm aber ausreicht, um durch das Selektionsprinzip darauf die ganze Fülle der Pflanzen- und Tierwelt, die wir kennen, aufzubauen. Nur die Fortbildung und Verkettung der Lebensformen ist sein Problem; und dies Problem glaubt er durch Zurückführung auf wenige Einzelfaktoren, die mit Ausnahme der Variation ihrem Wesen nach bekannt sind, zurückgeführt zu haben.

Diese Variation ist für Darwin immer eine unbestimmt gerichtete, zufällige; wenn er mit ihrer Hilfe eine Art in eine andere übergehen läßt, so wird die Richtung, in der sich bei der Fortpflanzung die Abänderungen summieren, nur durch den Kampf ums Dasein und das Prinzip der Divergenz bestimmt. Ob es auf diesem Wege möglich ist, mehr als gradweise Veränderungen eines Organs zu erzielen, ob es die Selektion auch zur Anlage und Ausbildung neuer Teile bringen kann, möge einstweilen dahingestellt bleiben.

Wenn wir unter den Versteinerungen des Tertiär untergegangene Arten finden, die den lebenden nahe stehen, so können wir annehmen, daß jene ausgestorbenen Formen durch die günstiger angepaßten der Diluvialzeit verdrängt wurden. Diese Anpassung, sofern sie durch Selektion bewirkt wird, ist bei Darwin ein passiver Vorgang.

Als besondere Vorzüge werden der Selektionslehre nachgerühmt, daß ihr System nur begreifliche Ursachen der Umbildung zulasse, daß sie nur mit mechanischen Mitteln operiere, und daß sie in strenger Durchführung des Kausalitätsprinzipes die Zwecke aus der organischen Natur verbanne, die Zweckmäßigkeit ihrer Organe nur als eine scheinbare bestehen lasse; somit auch jede Mitwirkung von Intelligenz in der Hervorbringung der Arten ausschließe.

Was den ersten Punkt anlangt, so ist zu bemerken, daß die Variation, die Grundlage der ganzen Hypothese, doch nur scheinbar etwas Einfaches ist, in Wirklichkeit aber das Ergebnis äußerst komplizierter Vorgänge darstellt, in deren

Digitized by Google

kausale Beziehungen uns der Einblick zur Zeit vollständig fehlt und vielleicht für immer verschlossen bleiben wird. Indessen die prinzipielle Begreiflichkeit der Variation einmal zugegeben, so kommt weiter in Betracht, daß das ganze System der Selektion sich aufbaut auf einer Voraussetzung einfachster Organismen, denen der Schöpfer das Leben „einhauchte". Dadurch trug Darwin selbst in seine Lehre ein Moment hinein, welches dem gewöhnlichen mechanistischen Standpunkte als ein unbegreifliches gilt.

In Bezug auf den zweiten der gerühmten Vorzüge will ich nur in formaler Hinsicht hervorheben, daß für Variation, Vererbung und Selektion der Ausdruck „mechanische" Mittel ein schlechter, ja, ein grundschlechter ist. Am ehesten ließe er sich ertragen für die Selektion, weil diese einen Zwang bedeutet, der durch eine Art von Selbstregulierung ausgeübt wird; allein gut ist das Wort mechanisch auch hierfür nicht gewählt. Der Sinn dieses Wortes ist in diesem Zusammenhange offenbar auch nur gleichbedeutend mit natürlich oder bekannt; indes ist uns die Vererbung nichts weniger als durchsichtig. Der Ausdruck „mechanische Mittel" ist aber trotz seiner Fehlerhaftigkeit in der Biologie so tief eingebürgert, daß auch ich ihn nicht zu ersetzen vermag und mich selbst seiner, wenn auch mit Widerstreben, der Kürze halber hier und da in meinen Arbeiten bedient habe.

Endlich wird Darwin dafür gepriesen, daß er die auf „mechanische" Lösung ihrer Probleme bedachte „wahre" Wissenschaft vom Alpdruck der Teleologie befreit habe, der vorher in unerträglicher Weise auf ihr lastete. Damit ist ohne Zweifel die interessanteste Seite des Selektionsprinzipes berührt, und wollen wir einstweilen die Richtigkeit des Prinzipes in der ihm von Darwin eingeräumten Ausdehnung zugeben, so wäre seine Leistung in der Tat als eine bewundernswürdige anzuerkennen. Ob diese Tragweite der Selektion tatsächlich zu Recht besteht, wird erst im nächsten Kapitel zur Prüfung gelangen. Auf jeden Fall ist die grundsätzliche Bedeutung

Digitized by Google

des von Darwin unternommenen Erklärungsversuches eine außerordentlich große.

Genau genommen hat auch Darwin die Zweckmäßigkeit der Organismen nicht bestritten, wenn er sie auf Nützlichkeit zurückführt, sondern er hat nur zu zeigen versucht, daß, sobald der Selektion die Hervorbringung nützlicher Eigenschaften zugeschrieben wird, damit jede Analogie zwischen dem Zustandekommen der Zweckmäßigkeit bei Pflanzen und Tieren und der Zweckmäßigkeit menschlicher Werkzeuge und Maschinen hinwegfällt. Denn alsdann ist die Zweckmäßigkeit jener in der Tat „ohne alle Einmischung von Intelligenz durch das blinde Walten eines Naturgesetzes entstanden". Ob aber damit so viel gewonnen ist, wie man glaubt und wünscht, wo doch Darwin selbst die ersten Organismen durch das Eingreifen schöpferischer Intelligenz in den Naturlauf entstehen läßt?

Sobald wir die Frage der zweckmäßigen Anpassungen auf das prinzipielle Gebiet hinüberspielen, sind immer zwei Auffassungen möglich und an sich gleich berechtigt, je nach dem Standpunkte, von dem man ausgeht; und die Wahl des Standpunktes ist Sache der Überzeugung, wenn nicht der Parteistellung beziehungsweise der Taktik. Man kann sagen: Weil wir Augen haben, können wir sehen; man kann aber auch sagen: wir haben Augen, um damit zu sehen. Beides ist an und für sich berechtigt und richtig. Die Biologie drängt aber zu einer Entscheidung, und da fragt es sich, was unter Berücksichtigung aller Faktoren, die wir kennen, die berechtigtere Auffassung ist. Die Selektionshypothese würde es ermöglichen, uns für den kausalen Ausdruck zu entscheiden, ihn zur allein gültigen Formel zu erheben.

Die von Darwin in der Selektionslehre durchgeführte Anwendung des zuerst von Empedocles ausgesprochenen Prinzips der Erhaltung des Nützlichen hat ohne Frage ihre Berechtigung. Das Prinzip ist zweifellos wirksam; nur über den Umfang seiner Wirksamkeit kann man verschiedener Meinung sein. Seine Wirksamkeit ist auch nicht auf die Natur beschränkt,

Digitized by Google

es manifestiert sich mit viel größerer Deutlichkeit in allen möglichen Werken des Menschen. Augenblicklich sehen wir es z. B. in weitestem Umfange sich geltend machen in der Selektion, welcher die Zweiräder unterliegen. Die alten, weniger zweckmäßigen Modelle sind durch den Kampf ums Dasein, den sie mit neueren, den Bedürfnissen besser angepaßten Konstruktionen zu bestehen hatten, ausgemerzt worden; und die Räder, die wir heute mit solcher Schnelligkeit dahingleiten sehen, werden vielleicht bald durch neue Verbesserungen verdrängt werden. Alle solche Apparate streben in ihrer Entwicklung einer Gleichgewichtslage zu, nämlich der vollkommensten Anpassung, die möglich ist, an das Bedürfnis, dem sie genügen sollen. Dieser Entwicklungsgang der Zweiräder, den wir vor Augen haben, ist unzweifelhaft nicht das Werk einer planmäßig wirkenden, bewußten Absicht, — wenn auch die Intelligenz der Techniker dabei konkurriert —, sondern es ist ein Vorgang der Auslese, durch welchen das weniger Zweckmäßige „von selbst" unterdrückt wird. Alle möglichen Einrichtungen der menschlichen Gesellschaft und des Staates unterliegen einer ähnlichen Auslese, wenn auch nicht immer in so augenfälliger Weise, wie ein gangbarer Handelsartikel.

Ich wollte an diesem Beispiele nur zeigen, daß man nicht einmal von der zielbewußten Tätigkeit des Gärtners und Tierzüchters auszugehen braucht, um zum Selektionsprinzipe zu gelangen, sondern daß sich dasselbe auch in unbewußt wirkender Gestalt rings um uns her täglich in ausgedehntester Weise betätigt.

Noch in anderer Richtung ist das Beispiel der Zweiräder lehrreich. Es zeigt auf das klarste, wie weise Darwin gehandelt hat, wenn er sein Erklärungsprinzip auf die Urorganismen nicht ausdehnte, sondern für diese die Schöpfung zu Hilfe rief. Denn Selektion kann für die Entstehung der Urzellen so wenig geleistet haben wie für die Konstruktion der ersten Zweiräder und für deren Erfindung.

Im Grunde ist die biologische Selektionstheorie doch eine

Digitized by Google

Zufallstheorie. Die Variationen an sich sind noch nicht nützlich, und wenn einmal eine derselben eine Verbesserung an der Leibesmaschine eines Pflanzen und Tierkörpers schafft, so ist dies unfraglich dem Zufall zu danken. Erst durch die Summierung kleiner, in der Richtung des Nützlichen liegender Variationen kommt im Laufe der Generationen eine Abänderung zu stande, die für ihren Besitzer wirklich nutzbringend wird. Dabei ist immer die Voraussetzung zu machen, daß, wenn in der Abänderung einer Generation ein kleiner Schritt in der Richtung auf etwas Zweckmäßiges hin getan wird, die nächste Generation ihn nicht wieder zurücktut und dadurch ausgleicht. Weil diese Voraussetzung durch die Theorie unumgänglich gefordert wird, erfährt die Zahl der Fälle, in denen ein neues zweckmäßiges Organ zu stande kommen kann, eine gewaltige Einschränkung.

Wenn hierin eine Schwierigkeit der Theorie liegt, auf die wir noch zurückkommen werden, so hat Darwin eine andere Schwierigkeit, nämlich die, daß das Variieren der Pflanzen und Tiere nicht gleichzeitig in zwei und mehr Richtungen durch die Selektion beeinflußt werden kann, durch Hinweis auf die in den Organismen bestehenden Korrelationen der Teile zu beseitigen gesucht. Seit den Arbeiten Cuviers wissen wir, daß der Ausbildung eines bestimmten Teiles des Tierkörpers die Ausbildung anderer Teile entspricht; so war der berühmte Zoologe im stande, aus dem Schädel oder gar nur aus den Zähnen eines Tieres Schlüsse auf den Bau des ganzen Knochengerüstes zu ziehen. Ein wichtiges Beispiel für genetische Korrelation bilden u. a. die menschlichen Kastraten, deren Bart unentwickelt bleibt, und deren Stimme im Sopran verharrt. So dachte sich auch Darwin, daß das Variieren eines Körperteils die Abänderung anderer mit Notwendigkeit nach sich zieht, und daß somit die Variation Folgen haben könne, die weit über den Bereich des variierenden Teiles hinausgehen. Es ist das eine berechtigte Hilfshypothese, mehr aber nicht. Vor allem darf man nicht so weit gehen, in der

Digitized by Google

Korrelation eine Art von Naturkraft erblicken zu wollen; dieselbe wäre in ihrer kausalen Grundlage mindestens ebenso dunkel wie die Variation selbst oder wie die Vererbung. Auch ist es ein neuer und komplizierter Zufall, wenn eine durch Korrelation bedingte Abänderung Selektionswert besitzt, d. h. sich für den Kampf um das Dasein nützlich erweist, so daß meines Erachtens die aus dem Prinzipe der Korrelation für die Selektionslehre erwachsenen Vorteile nicht sehr erhebliche sein können. Denn an sich müßte ein Korrelationserfolg ebensogut schädlich wie nützlich zu wirken vermögen oder auch gleichgültig sein für das Leben eines Organismus.

Dem anerkennenswerten Bestreben, unerklärlich scheinende Vorgänge auf vorstellbare Prozesse zurückzuführen, ist auch die weitere Hilfshypothese Darwins entsprungen, die er Pangenesis nennt, und durch die er die Erblichkeit zu erklären sucht. Er denkt sich zu dem Behufe eine ungeheure Menge kleiner Keimchen, die überall im Organismus verbreitet sind, und deren jeder als Träger der Eigenschaften des mikroskopisch kleinen Körperteils fungiert, dem er angehört beziehungsweise entstammt. Von diesen Keimchen geht ein entsprechender Teil in das Ei oder das Spermatozoid, um auf solche Weise als materielle Grundlage jeder einzelnen, in der Vererbung zu übertragenden Eigenschaft zu dienen. Mit der Entwicklung des Embryo vermehren sich die Keimchen, um im ausgebildeten Individuum wieder auf die ursprüngliche Zahl zu gelangen. Ohne auf diese Hypothese näher einzugehen und alle Schwierigkeiten aufzuzählen, die ihrer Vorstellung im einzelnen erwachsen, beschränke ich mich auf den Hinweis, daß in der Pangenesis keine Beseitigung, sondern nur eine Zersplitterung des Erblichkeitsproblems vorliegen würde, und daß wir die rätselhaften Fähigkeiten der Fortpflanzungszellen, die wir sehen können, auf unsichtbare und rein hypothetische Gebilde übertragen. Die Größe des Rätsels wird dadurch sicher nicht vermindert.

Es gibt Erscheinungen, welche in zwangloser Weise durch

Digitized by Google

Selektion sich erklären lassen, von denen ich hier nur die im Tierreich ziemlich verbreitete Mimikry nennen will. Mit diesem englischen Worte, das keine passende Verdeutschung erfahren hat, bezeichnet man die Erscheinung, daß ein Tier einen Schutz vor seinen Verfolgern erhält, weil es in äußerer Gestalt oder Farbe anderen Tieren, Pflanzenteilen oder leblosen Gegenständen ähnlich wird, und daß es daher von seinen Feinden leichter übersehen oder gar vermieden wird. Bekannt ist die Fähigkeit verschiedener Fische, durch Änderung ihrer Hautfarbe dem Untergrunde ähnlich zu werden, auf dem sie sich gerade aufhalten. Liegt ein solcher Fisch auf dunklem Boden, so ist er dunkel gefärbt; auf hellem Sandboden wird er hell, auf gesprenkeltem Boden kann er gesprenkelt aussehen. Die Bodenfarbe kann nur durch das Auge auf den Fisch einwirken; und mag die Auslösung der Farbenänderung einer einfachen unbewußten Reflexbewegung zuzuschreiben sein, oder mag die Reizwirkung durch Vermittlung des Bewußtseins des Tieres zum Austrag gelangen: ohne Zweifel sind die Fische, die sich in der angedeuteten Weise verfärben können, günstiger gestellt im Kampf um das Dasein als diejenigen, denen dies Vermögen abgeht, und man kann sich wohl vorstellen, daß Selektion hier züchtend im Spiele war.

Dann gibt es zahlreiche Tiere, deren Körper nach Form und Farbe unveränderlich ist, aber so sehr gewissen Gegenständen seiner Umgebung gleicht, daß er sich leicht zwischen denselben verbirgt. Schon der Laubfrosch ist ein Beispiel dafür. Die zwischen dem Seegras der Ostsee lebende Seenadel ist ein langer, schmaler Fisch von der Gestalt und Farbe eines Seegrasblattes, wodurch er zweifellos eines beträchtlichen Schutzes genießt. Man kann die Entstehung der Gestalt und Farbe dieses Fisches begreifen, wenn man annimmt, daß die Art durch Überleben solcher Varietäten entstand, welche den Seegrasblättern ähnlicher waren als andere, weil dies für sie nützlich gewesen ist. So gibt es auch Heuschrecken, die Blättern ganz ähnlich werden, Raupen, die, wenn sie zum

Digitized by Google

Schlafe sich strecken, von einem dürren Zweige kaum unterschieden werden können, Schmetterlingspuppen, deren Aussehen den Gegenständen entspricht, an denen sie haften. Es gibt eine Gruppe von Schmetterlingen, die einen so unangenehmen Geschmack haben, daß sie von Vögeln nicht gefressen werden, während andere jenes schützenden Geschmackes entbehren. Unter den letzteren kommen aber wieder Arten vor, die bei verschiedenem Körperbau doch in Farbe und Zeichnung der Flügel jene schlecht schmeckenden Spezies so täuschend nachahmen, daß sie von den Vögeln vermieden werden; was sich am einfachsten durch Naturzüchtung erklärt.

Doch alle diese Tatsachen und Erwägungen drängen immer heftiger zur Hauptfrage: Wie weit hat die Macht der natürlichen Züchtung gereicht? Konnte sie wirklich der Hauptfaktor sein, der die Pflanzen- und Tierwelt aus einfachen Zellen gestaltet hat?

Mit der Diskussion dieser Frage betreten wir das Gebiet einer Kritik der Selektionstheorie, der ein besonderes Kapitel gewidmet werden muß. Hervorgehoben sei nur noch einmal, daß Darwin selbst in der Selektion wohl den wichtigsten gestaltenden Faktor erkannt zu haben glaubt, doch nicht den einzigen. Unter seinen Nachfolgern sind manche weiter gegangen, und man hat geradezu von einer Allmacht der natürlichen Züchtung gesprochen, welche die ganze Organismenwelt mit ihrer ungeheuren Mannigfaltigkeit hervorgebracht habe.

In einer Beziehung muß ich aber Darwin, der, auch abgesehen von der Selektionstheorie, zu den hervorragendsten Naturforschern des neunzehnten Jahrhunderts gehört, hier noch in Schutz nehmen, und zwar gegen einen indirekten Angriff, den er von angeblichen Freunden auf moralischem Gebiete erfahren hat. Diese Bemerkung bezieht sich auf die Tatsache, daß Darwin es unzweideutig ausspricht, die ersten Organismen, die ihm, wie ich es oben ausdrückte, als archimedischer Punkt seiner Abstammungslehre dienen, seien durch einen Schöpfungsakt ins Leben gerufen. Man hat dies irriger-

Digitized by Google

weise für eine Inkonsequenz des ganzen Systems erklärt. Es ist meines Erachtens Darwin hoch anzurechnen, daß er die physikalischen und chemischen Kräfte nicht für ausreichend hielt, eine Zelle zu bilden, daß er vorurteilslos genug war, dies nur dem Eingriffe einer schaffenden Intelligenz zuzuschreiben. Man ist aber noch weiter gegangen. Man hat sich nicht entblödet, den Verdacht zu äußern, Darwin habe in dem Zugeständnisse einer Schöpfung der ersten Arten lediglich eine Konnivenz, ein Entgegenkommen gegen die kirchlich gesinnten Kreise seines Landes zeigen wollen. Gegen die Insinuation einer solchen Heuchelei muß ich den Charakter Darwins verteidigen. Mit Recht hat er sich nicht auf Phantasien über jenen ersten Schöpfungsakt eingelassen; er brauchte außer der Hervorhebung der Tatsache nichts von demselben zu sprechen, seine Untersuchung bewegt sich auf einem davon ganz unabhängigen Gebiete. Ich erinnere an das oben von mir gebrauchte Beispiel der Zweiräder. Um aber jeden Zweifel an seiner wahren Meinung zu zerstreuen, lasse ich hier die entscheidenden Stellen aus Darwins „Entstehung der Arten" in Bronns Übersetzung*) im Wortlaute folgen:

„Als in frühen Zeiten der Erdgeschichte die Lebeformen wahrscheinlich noch einfacher und minder zahlreich waren, mag deren Wechsel auch langsamer vor sich gegangen sein; und als es zur Zeit der ersten Morgenröte des organischen Lebens wahrscheinlich nur sehr wenige Organismen von dieser einfachsten Bildung gab, mag deren Wechsel im äußersten Grade langsam gewesen sein. Die ganze Geschichte dieser organischen Welt, so weit sie bekannt ist, wird sich hiernach als von einer uns ganz unerfaßlichen Länge herausstellen, aber von derjenigen Zeit, welche seit der Erschaffung des ersten Geschöpfes, des Stammvaters all der unzähligen schon erloschenen und noch lebenden Wesen verflossen ist, nur ein kleines Bruchstück ausmachen."

„Schriftsteller ersten Ranges scheinen vollkommen davon überzeugt zu sein, daß jede Art unabhängig erschaffen worden sei. Nach meiner Meinung stimmt es besser mit den der Materie vom Schöpfer eingeprägten Gesetzen überein, daß Entstehen und Vergehen früherer

*) Stuttgart, 1860, S. 492, 493, 494.

Digitized by Google

und jetziger Bewohner der Erde, sowie der Tod des Einzelwesens, durch sekundäre Ursachen veranlaßt werde."

„So geht aus dem Kampfe der Natur, aus Hunger und Tod, unmittelbar die Lösung des höchsten Problems hervor, das wir zu fassen vermögen, die Erzeugung immer höherer und vollkommnerer Tiere. Es ist wahrlich eine großartige Ansicht, daß der Schöpfer den Keim alles Lebens, das uns umgibt, nur wenigen oder nur einer einzigen Form eingehaucht habe, und daß, während dieser Planet den strengen Gesetzen der Schwerkraft folgend sich im Kreise schwingt, aus so einfachem Anfang sich eine endlose Reihe immer schönerer und vollkommnerer Wesen entwickelt hat und noch fortentwickelt."

Für mich besteht kein Zweifel, daß durch diese Worte Darwin einen Blick in das Innerste seiner Seele tun läßt.

Digitized by Google

Kapitel 29.

Kritik des Selektionsprinzips.

Im Jahre 1858 erschien Darwins Buch On the origin of Species, 1860 erfolgte Bronns deutsche Übersetzung. In der 1871 erschienenen Schrift von Seidlitz über die Darwinsche Theorie findet sich bereits ein dreißig Seiten starkes Literaturverzeichnis zu dieser Theorie. Ich führe es an als Maßstab für das außerordentliche Aufsehen und Interesse, welches Darwins Werk nicht nur bei den Fachgelehrten, den Biologen, sondern weit über deren Kreis hinaus erweckt hatte. Und 1871 war der Höhepunkt der darwinistischen Flutwelle noch nicht erreicht. Gerade in den siebziger Jahren waren zahllose Federn geschäftig, berufene und unberufene, geschickte und ungeschickte, ernste und leichtfertige, Ströme von Tinte über das große wissenschaftliche Tagesproblem fließen zu lassen, die, alsbald in Druckerschwärze umgesetzt, den Haufen der Darwinliteratur zu einem Berge anschwellen ließen. Diese schwierigen und schwerwiegenden Fragen wurden durch populäre Vorträge und durch die Tagespresse in die Arena der öffentlichen Meinung geworfen, um Gegenstand der Parteinahme zu werden und sogar als Agitationsmittel zur Erregung von Leidenschaft in den urteilslosen Massen Verwertung zu finden.

Niemals hat eine wissenschaftliche Hypothese außerhalb der Gelehrtenwelt einen ähnlichen Erfolg gehabt; wenn man das Aufwirbeln von Staubwolken einen Erfolg nennen will.

Digitized by Google

Wenigstens gilt dies von Deutschland und England; während den Franzosen die Anerkennung nicht versagt werden darf, daß sie der Bewegung kühler und objektiver gegenüberstanden. Doch auch in Deutschland mußte der Unfug, der von Popularisatoren mit dem Darwinismus getrieben wurde, ernste Naturforscher mit Beschämung und Unwillen erfüllen. Heute, wo die Ernüchterung und Selbstbesinnung längst eingetreten ist, wo die auf die Übertreibungen der sechziger und siebziger Jahre naturgemäß folgende Reaktion häufig nur allzu geneigt ist, das Kind mit dem Bade auszuschütten und am Darwinismus kein gutes Haar zu lassen, versteht man es kaum noch, wie selbst klare und besonnene Köpfe sich dem Rausche nicht zu entziehen vermochten.

Neben leidenschaftlichen Gegnern und scharfen Kritikern hat es aber seitens der berufenen Vertreter der Wissenschaft auch nicht an Männern gefehlt, die das Treiben der Adepten, Schaumschläger und Posaunenbläser des Darwinismus mit ruhiger Stimme in seine Schranken zurückwiesen. Dies gereicht namentlich solchen Naturforschern zur Ehre, welche, mit Darwin auf dem gleichen Boden der Abstammungslehre stehend, dieselbe doch nur als wissenschaftliches Problem behandelten, zum Teil unter wesentlicher Abweichung in Einzelheiten. Ich habe besonders Nägeli im Auge, dessen bezügliche Äußerungen am Eingange seiner 1884 erschienenen Theorie der Abstammungslehre auch heute noch ein so hohes Interesse besitzen, daß ich nicht unterlassen kann, einige derselben im Wortlaute mitzuteilen*):

„Wohl seit anderthalb Jahrzehnten bot sich den Physiologen ein wunderbares Schauspiel dar. Das schwierigste Problem ihrer eigenen Wissenschaft wurde mit wachsendem Eifer und Kraftaufwand von Nichtphysiologen in einer Flut von Schriften publizistisch bearbeitet. Die Entstehung der organischen Welt gehört zum innersten Heiligtum der Physiologie. Ihre Behandlung setzt ein richtiges Urteil in den dunkelsten Gebieten voraus." ....

*) l. c. S. 3.

Digitized by Google

„Wiewohl die Entstehung der organischen Welt teils wegen ihrer unvergleichlichen wissenschaftlichen Bedeutung, teils wegen des allgemeinen Interesses in den gebildeten Kreisen die Physiologen aufzumuntern geeignet war, so erschien ihnen dies höchste und letzte Problem doch so verwickelt und schwierig, daß sie nur etwa gelegentlich und bloß im allgemeinen darüber sich auszusprechen wagten. Dieses Bedenken wurde von den Nichtphysiologen weniger schwer empfunden. . . . . So treten denn beim Überblick der ganzen literarischen Bewegung, welche die Entstehung der Organismen zum Gegenstand hat, einige Erscheinungen hervor, welche teils für unsere Zeit, teils auch für unsere Nation bemerkenswert sind. Die eine derselben wiederholt sich freilich überall, wo sich die allgemeine Teilnahme einer Frage zuwendet. Die Sicherheit und Bestimmtheit des Urteils nimmt zu, so wie sich die Berechtigung dazu vermindert."

„Während die Physiologen mit der Besprechung der schwierigen physiologischen Fragen zurückhielten, und die der Physiologie näherstehenden Naturforscher sich noch einigermaßen behutsam äußerten, wurden die Meinungen immer entschiedener, je weiter man sich von dem sicheren Boden entfernte, gleich als ob das Interesse für eine Sache die realen Kenntnisse und die formale Schulung des Urteils ersetzen könnte."

„Dem Physiologen wird dabei zu Mute, wie etwa dem Physiker würde, wenn sich das große Publikum an der Lösung des Problems der mechanischen Elektrizitätstheorie beteiligen wollte." . . . .

„Das unlogische Verfahren ging so weit, daß die Probleme, welche die Entstehung der Organismen betreffen, ohne die nötigen Kenntnisse und die erforderliche Bildung selbst bis ins einzelne besprochen und als wissenschaftliches System dargestellt wurden, indem man, statt mit dem Lernen, mit dem Lehren beginnen zu dürfen meinte . . . . . Die nüchterne, von dem praktischen, gesunden Verstande der Engländer zeugende Darstellung Darwins, namentlich in der ersten Veröffentlichung, wurde in Deutschland, ohne Bereicherung des wissenschaftlichen Gehaltes, ins Phantastisch-Philosophische übersetzt, die Lehre wurde dogmatisiert, systematisiert, schematisiert und — um auch das philologische Bedürfnis zu befriedigen — gräzisiert."

Das ist ein hartes Urteil, doch es ist leider gerecht.

So wertvoll diese Kritik auch ist gegenüber Ausschreitungen, die dadurch unendlichen Schaden angerichtet haben, daß sie geeignet waren, das Ansehen der Wissenschaft in den weitesten Kreisen urteilsfähiger Leute herabzusetzen, haben wir doch fast schon zu lange bei derselben verweilt. Es gilt, daß wir uns der sachlichen Kritik zuwenden, die von kompetenten Vertretern der Wissenschaft am Darwinismus selbst geübt worden ist.

Digitized by Google

Unzweifelhaft liegt der Schwerpunkt der Lehre Darwins in der Selektion, wenn auch sein Eintreten für die Entwicklung des Pflanzen- und Tierreiches ein weit allgemeineres und größeres Interesse erregt hat. Allein die Deszendenz wurde bereits von Lamarck gelehrt, und die hauptsächlichsten Kritiker Darwins stehen überwiegend gleich ihm auf dem Boden der Entwicklungslehre; ihre Angriffe richten sich daher im wesentlichen gegen die Selektion und die Tragweite, welche diesem Prinzipe von Darwin zugesprochen worden ist*).

Diese Kritik hat wie die Theorie selbst einen ungeahnten Erfolg gehabt. Nicht nur, daß die Zahl der Gegner gewachsen ist, daß Zweifelnde sich von der Lehre abwendeten, auch ein großer Teil der einst entschiedenen, ja bis zu einem gewissen Grade begeisterten Anhänger ist dahin gelangt, mit Achselzucken oder gar mit Geringschätzung auf die Selektionstheorie zu blicken. Zu letzteren gehört der Botaniker Sachs, der jahrelang mit Lebhaftigkeit für Darwin eingetreten war, dann aber sich so entschieden von ihm abwandte, daß er u. a. im Hinblick auf die langen Zeiträume, deren Darwin für seine allmähliche Umbildung der Typen benötigt ist, das spöttische Wort schrieb: „Mir kommt das so vor, als ob jemand glauben wollte, daß in sehr langen Zeiten ein Dreieck die Eigenschaften einer Ellipse annehmen müsse." Ich lasse hier zum Zeugnis des eingetretenen Umschwungs eine Äußerung E. du Bois-Reymonds folgen, der in den sechziger Jahren in seinen Vorträgen Darwins Lehre als einen gewaltigen Fortschritt der neueren Naturwissenschaft feierte und in seiner letzten gedruckten Rede**) sich folgendermaßen ausspricht:

„Nachdem die Darwinsche Lehre den oben geschilderten Triumphzug gehalten hatte, verflog nach einiger Zeit der Rausch.

*) Die schärfste Kritik des Darwinismus findet sich in dem dreibändigen Werke Albert Wigands: Der Darwinismus und die Naturforschung Newtons und Cuviers. Braunschweig 1874—1877. — Besonders beachtenswert ist der Abschnitt „Über Darwins Lehre" in K. E. v. Baers Studien, Petersburg 1876.

**) Sitzungsbericht der Berliner Akademie vom 28. Juni 1894.

Digitized by Google

Von verschiedenen Seiten her erhoben sich lauter und immer lauter Zweifel an der Strenge von Darwins Beweisführung. In einem großen Werke des verstorbenen Albert Wigand wurden sie früh zusammengestellt, zu früh, insofern damals die allgemeine Meinung Darwin noch so günstig, der Dank für seine befreiende Tat so lebendig war, daß man sich gern über diesen oder jenen fragwürdigen Punkt fortsetzte, um so eher, als deren mehreren von Darwin selbst mit großem Geschick zuvorgekommen war."

So wenig es aber möglich war, in diesem Buche eine Geschichte der Darwinschen Bewegung in ihrem aufsteigenden Teile zu liefern, kann auch das Rückfluten derselben in ihren Einzelheiten verfolgt werden. Ich muß mich darauf beschränken, einige der mir besonders wichtig erscheinenden Einwendungen herauszugreifen, namentlich solche, die für die Bildung eines eigenen Urteils in diesen Fragen geeignet erscheinen.

Wir wollen davon ausgehen, daß Darwin seine Beobachtungen über künstliche Züchtung von Pflanzen und Tieren durch einen Analogieschluß auf die Natur übertrug, indem er die Einwirkung der menschlichen Intelligenz durch den Kampf um das Dasein ersetzte. Sehen wir aber genauer zu und entziehen wir uns dem bestrickenden Einflusse, der dieser wie jeder kühnen Hypothese innewohnt, so ergibt sich, daß Darwin hierbei nur deduktiv verfährt und jeden induktiven Beweis schuldig bleibt. Darin liegt zum mindesten etwas Unbehagliches und Unbefriedigendes für den Naturforscher, der gerade in der Biologie sich auf dke Methoden der Induktion zu stützen gewohnt ist. Darwin vermag die Selektion im Taubenschlag und im Schafsstall als wirksam zu erweisen, weil hierbei die Überlegung des Tierzüchters eingreift; allein in der Natur beobachten wir immer nur Schwankungen der Gestalt, die, z. B. bei Standortsverkümmerungen, sich in der Fortpflanzung beim Eintritt normaler Lebensbedingungen wieder ausgleichen. Ja, wir dürfen uns nicht verhehlen, daß die von den Kulturrassen erworbenen Merkmale durchweg keineswegs günstig wirken im Kampfe ums Dasein, der diese Merkmale sofort

Digitized by Google

unterdrückt, wenn die künstlichen Kulturbedingungen aufhören, wie sich aus dem Verhalten der Kohlarten ergibt, die dann in die ursprüngliche Stammform zurückschlagen.

Man kann daher mit größerem Rechte behaupten, daß die natürliche Züchtung der künstlichen nicht analog ist; denn in dieser wird die Richtung der Abänderung durch den Willen des Züchters vorgezeichnet, während jener ein solcher richtender Einfluß keineswegs innewohnt.

Darum hat Nägeli es auf das entschiedenste bestritten, daß die Tier- und Pflanzenwelt, wie wir sie kennen, aus einfachen Anfängen durch natürliche Züchtung im Sinne Darwins hervorgegangen sein könne, wobei er besonders auf wichtige Verschiedenheiten in den Eigenschaften der Pflanzen und Tiere hinweist, die er als Anpassungsmerkmale und morphologische Merkmale unterscheidet. Was die ersteren sind, ergibt sich aus Kap. 21 zur Genüge. Morphologische Merkmale nennt Nägeli aber solche, die an sich keinen erkennbaren Nutzen für die Pflanzen und Tiere besitzen, sondern nur in Gestaltverhältnissen sich äußern. Solche morphologischen Merkmale der Pflanzen sind u. a. das Vorhandensein von zwei Keimblättern bei den Dikotylen, von einem Keimblatt bei den Monokotylen; von sechs Staubfäden bei den Liliazeen, von fünf bei den Umbelliferen und vielen anderen Dikotylen; die freiblättrige und die verwachsene Blumenkrone; der oberständige und der unterständige Fruchtknoten; die Stellung der Staubfäden in Kreisen oder in einer Spirale u. s. w. In seiner ersten, diese Fragen behandelnden Schrift*) gibt Nägeli noch zu, daß die Anpassungsmerkmale durch Selektion entstanden sein könnten; er verwirft indessen die gleiche Ursache für die morphologischen Merkmale, denen aber gerade für die Charakterisierung der Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen ein weit größerer Wert zukommt als den Anpassungsmerkmalen. Nach Darwin soll ein Merkmal um so leichter

*) Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art, München 1865.

Digitized by Google

durch Selektion verdrängt werden, je weniger nützlich es ist. Im Pflanzenreiche sind aber die konstantesten gerade die morphologischen Merkmale, die im Kampf ums Dasein gar keinen Nutzen gewähren; während nach der Theorie die nützlichsten die konstantesten sein sollten. Denn je verbreiteter ein Merkmal ist, um so konstanter muß es sein, sobald wir die Abstammungstheorie zu Grunde legen. In seinem späteren Buche*) hebt Nägeli dann hervor, daß eine beliebige, richtungslose, nur vom Zufall abhängige Variation unmöglich zu Bildungen führen könne, die im Kampf um das Dasein irgend welchen Nutzen gewähren. Die Selektion könne daher keineswegs Einfluß üben auf das Zustandekommen besser angepaßter Formen. Sie sei schlechterdings unfähig zur Art- und Gattungsbildung, höchstens untergeordnete Rassenbildung könne sie einmal beeinflussen. Dem Zufall werde von Darwin eine viel zu große Mitwirkung eingeräumt. Selbst nach der Selektionstheorie können nützliche Veränderungen erst, nachdem sie eine bemerkbare Höhe erreicht haben, eine ausgiebige Verdrängung der Mitbewerber bewirken; und da sie im Anfange unbedeutend sein müssen, kann durch sie eine Selektion überhaupt nicht zu stande kommen. Aus der Selektion läßt sich weder die Divergenz der Formenreihen noch lassen sich die Lücken zwischen diesen Reihen erklären, weil bei ihrem Vorherrschen vielmehr eine netzförmige Anordnung der Gruppen zu stande kommen müßte. Bei einer richtungslosen Variation würde sich das Reich der Organismen nie über den Zustand einzelliger Wesen haben erheben können, weil ein durch Zufall in einer Richtung getaner Schritt der Abänderung durch den nächsten Schritt wieder ausgeglichen werden könne oder gar müsse. Man sieht, Nägeli hält Darwins Erklärung der Umwandlung für prinzipiell unannehmbar und bestreitet damit eigentlich jede nennenswerte Bedeutung der Selektion.

Um auf Nägeli, den Botaniker, einen Zoologen

*) Theorie der Abstammungslehre, München 1884.

Digitized by Google

von gleicher Bedeutung folgen zu lassen, so spricht auch K. E. v. Baer*) dem Selektionsprinzipe die wissenschaftliche Berechtigung ab. Auch er wendet sich namentlich gegen den Zufall als den treibenden Faktor der Entwicklung und macht geltend, daß die Variationen ebensogut schädlich und gleichgültig wie nützlich sein könnten. Haben zufällige Variationen sich einmal zufällig gehäuft, so können die (hypothetisch) entstandenen nützlichen Formen leicht wieder durch den nächsten Zufall vernichtet werden. Auch müßten, wenn der Kampf um das Dasein so entscheidend sei, nur ganz wenige Arten als Sieger aus diesem Kampfe hervorgegangen sein. Baer, der in der ganzen, auch von ihm angenommenen Phylogenie der Pflanzen und Tiere nur eine zielstrebige, zweckmäßig wirkende Entwicklung anerkennt, tut hinsichtlich der Selektionslehre schließlich den scharfen Ausspruch**): „daß es für die Wissenschaft schädlich und entehrend ist, eine Hypothese, die der Beweismittel entbehrt, als den Gipfel der Wissenschaft zu betrachten".

Wie Nägeli hat auch Askenasy***) geltend gemacht, daß die unbestimmte, richtungslose, zufällige Variation unmöglich das Fortschreiten von niederen Formen zu höheren erklären könne.

Einwände anderer Art sind von Herbert Spencer†) geltend gemacht worden. Auch dieser Forscher geht davon aus, daß die Analogie zwischen künstlicher und natürlicher Züchtung eine unzulängliche sei. In der großen Mehrzahl der Fälle sei natürliche Züchtung ganz außer stande, das zu bewirken, was durch künstliche Züchtung geschehe. Die natürliche Züchtung könne gar nicht einzelne spezielle Merkmale herausgreifen für ihre Förderung; sie könne einen Organismus höchstens in der Gesamtheit seiner Eigenschaften kräftigen und

*) Studien S. 173 ff. — 1876.

**) l. c. S. 473.

***) Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre. Leipzig 1872.

†) Vgl. namentlich: The Inadequacy of natural Selection, 1893.

Digitized by Google

dadurch widerstandsfähigere Individuen begünstigen und erhalten. Im Gegensatz dazu steigere die künstliche Züchtung eine von allen übrigen isolierte spezielle Eigenschaft, ohne Rücksicht darauf, ob das Individuum hierdurch für den Kampf um das Dasein geeigneter werde oder nicht. Durch Selektion könne nur die Entwicklung von Eigenschaften gefördert werden, die in ganz besonders klarer und energischer Weise die allgemeine Überlegenheit des Individuums zu steigern vermöchten; darum reiche sie nicht aus zur Erklärung aller der zahlreichen Veränderungen der Struktur, durch die das Leben nicht in entscheidender Weise gefördert werde. Auch müßten die für die Erhaltung einer Eigenschaft notwendigen Korrelationen sich gleichzeitig mit jener entwickeln; es müßte eine gemeinsame Variation der aufeinander angewiesenen Teile stattfinden, was alles vom Selektionsprinzipe nicht berücksichtigt werde.

Spencer gibt zu, daß das Schwinden überflüssiger Teile bis zu einem gewissen Grade durch Selektion erklärt werden könne, führt aber Beispiele von Verkümmerung an, in denen das nicht möglich ist. Auf dem Boden der Deszendenztheorie stehend nimmt er an, daß die Walfische aus Säugetieren mit Hinterbeinen entstanden sind, daß letztere nach Ausbildung der Schwanzflosse für das Tier unbequem waren und darum durch Selektion abgestoßen werden konnten. Die meisten Walfische besitzen noch Knochen von Hinterbeinen unter der Haut, wo sie als rudimentäre Organe die Bewegung des Tieres nicht hindern. Beim Schwarzwal sind aber auch diese Rudimente geschwunden, wofür die Selektion als Erklärungsgrund nicht ausreicht. Schließlich gelangt Spencer zu dem allgemeinen Ergebnisse, daß durch natürliche Züchtung wohl überflüssige Organe zerstört, indessen neue Organe überhaupt nicht geschaffen werden könnten; doch sei die Mitwirkung von Selektion wahrscheinlich bei der Erhaltung vorhandener Organe.

Einer der wichtigsten gegen den Darwinismus erhobenen Einwände ist der, daß im Kampf um das Dasein nur ent-

Digitized by Google

wickelte, fertige Vorteile einen Nutzen gewähren können, nicht aber werdende Vorteile. Die Selektionslehre Darwins gründet sich aber auf die unmerklich kleinen Schritte der Variation; fordert somit im Prinzip, daß der erste und weiter jeder folgende Schritt, die zur Bildung eines nützlichen Organs im Laufe langer Zeiten hingeführt haben, schon an sich dem Organismus Vorteile gewährt haben müssen. Man könnte mit dem gleichen Rechte vermuten, daß die ersten Schritte der Umbildung gleichgültig oder gar nachteilig für den Organismus gewesen sind. Wenn es z. B. nach der Abstammungslehre nicht unwahrscheinlich ist, daß die ersten Vögel sich aus Tieren entwickelt haben, die nicht fliegen konnten und vierbeinigen Reptilien nahe standen, so ist unverkennbar die Umwandlung der beiden Vorderbeine in Flügel von manchem Nutzen gewesen, weil dadurch eine ganz neue Art der Fortbewegung ermöglicht und der Wettbewerb im Aufsuchen der Nahrung erleichtert wurde. Allein, welchen Nutzen können die ersten Flügelstummel gewährt haben? Liegt es nicht nahe, daß, wenn bei einer Eidechse die Vorderbeine im Laufe vieler Generationen sich zu Flügeln umbildeten, die ersten Schritte dazu das Tier benachteiligt haben müssen, weil seine Gliedmaßen dadurch zum Laufen ungeschickter würden, ohne daß die Anfänge der Flügel ihm einen Vorteil einbrachten? Mußte das Tier nicht Stadien durchmachen, die so unvorteilhaft waren, daß die Selektion sie hätte ausmerzen und den begonnenen Entwicklungsprozeß dadurch selbst im Keime ersticken müssen? Von der Entstehung der Flughäute einer Fledermaus dürfte ein gleiches gelten. Hier hat man die Selektion durch die Hilfshypothese zu retten gesucht, daß die Anfänge, die Stummel, vorübergehend ganz anderen Funktionen angepaßt waren. Allein, das ist wiederum eine willkürliche Annahme, die jeder erfahrungsmäßigen Unterlage entbehrt; und doch hätte diese Hypothese vom Funktionswechsel nur Wert, wenn sie statt bloßer Möglichkeit Wahrscheinlichkeit für sich geltend zu machen wüßte, was nicht der Fall ist. Wir müssen daher

Digitized by Google

fordern, daß schon der einzelne kleine Variationsschritt vorteilhaft ist, wie man sagt, Selektionswert besitzt, denn sonst kann er andere Formen nicht verdrängen; und diese Forderung läßt sich nicht erfüllen. Es läßt sich weder nachweisen noch auch nur wahrscheinlich machen, daß der einzelne Variationsschritt nutzbringend ist — wenn wir nicht große Sprünge in der Variation annehmen.

Einer der schärfsten Kritiker der Selektionslehre G. Wolff*), hat auch darauf hingewiesen, daß die kleinen Vorteile der Organisation, die beim Variieren entstehen können, oft oder meistens verschwindend gering sein werden gegenüber Nachteilen oder Vorteilen, die von dem Standorte abhängen, auf welchem z. B. das Samenkorn einer Pflanze Gelegenheit findet, sich zu entwickeln. Wolff macht dies klar an einem Gleichnisse. Bei dem Zusammenstoß zweier Eisenbahnzüge sind nicht die Personen mit dem zufällig stärkeren Knochengerüst in bevorzugter Lage, sondern diejenigen, welche die geschütztesten Plätze im Zuge innehaben. Das ist unbestreitbar, und es ließe sich für die Entwicklung der Tiere und Pflanzen leicht an zahlreichen Beispielen erhärten, daß die Selektion, wie Darwin sie annimmt, leicht durch Vorteile oder Nachteile der Lage eines Organismus derartig gestört und beeinflußt werden könne, daß dem gegenüber die „Selektionswerte" der Abänderungen verschwinden.

Wolff kommt bei seiner Prüfung des Selektionsprinzipes zu dem ganz allgemeinen Ergebnis, daß der Grund der Regelmäßigkeit in der Veränderung organischer Formen unmöglich in der Selektion gesucht werden könne, sondern in Bedingungen liegen müsse, die der Selektion vorausgehen — damit fällt notwendig die Bedeutung, die Darwin diesem Prinzipe zuwies. Den Prüfstein auf Darwins Lehre bilden nach Wolff die Einzelheiten; denn wenn auch im allgemeinen die Ausmerzung des Unzweckmäßigen aus dem Prinzipe deduktiv ab-

*) Biologisches Zentralblatt Band X. XI. XIV.; ferner: Der gegenwärtige Stand des Darwinismus, Leipzig 1896.

Digitized by Google

geleitet werden könne, so müßten wir fragen, ob die Theorie im stande sei, die Entstehung der bestimmten einzelnen zweckmäßigen Einrichtungen, die wir an Tieren und Pflanzen kennen, zu erklären; und das sei entschieden zu verneinen.

Ehe ich in Bezug auf solche Einzelheiten das wichtigste unter Wolffs Argumenten erwähne, möchte ich einer Untersuchung Krönigs gedenken, welche derselbe über die Größe der Wahrscheinlichkeit nützlicher Abänderungen im Wege der Variation angestellt hat.

Krönig*) vergleicht den Organismus der höheren Pflanzen und Tiere mit einem Buche. Er bemerkt, wer den Vergleich nicht für passend halte, könne wohl nur einwenden, daß der Organismus unendlich viel schwieriger herzustellen sei als das Buch. Von jenem Buche solle eine verbesserte Auflage veranstaltet werden. Wenn nun der Verleger auf eine beliebige, aber von jeder Intelligenz unbeeinflußte Weise den Text der ersten Auflage variieren lasse, so sei die Wahrscheinlichkeit, daß von Millionen solcher Veränderungen auch nur eine einzige als Verbesserung erscheine, jedenfalls eine höchst geringe. Und ebenso sei die Wahrscheinlichkeit, daß eine ohne die Intelligenz eines Züchters an einem lebenden Organismus aufgetretene Abänderung wohltätig sein werde, über alle Maßen klein, und es sei ein ganz ungeheurer Irrtum, wenn man meine, daß im Falle des Buches oder des Organismus die Möglichkeit günstiger oder ungünstiger Abänderungen auch nur gleich groß sei. Krönig prüft diese Frage mathematisch an der Hand der Wahrscheinlichkeitsrechnung und kommt zu dem Ergebnis, daß sowohl im Falle des Buches wie des Organismus eine ungeheuer große Wahrscheinlichkeit vorhanden sei, daß jede zufällige Variation eine Verschlechterung herbeiführen werde. Er schließt mit den Worten:

„Wenn Darwins Hypothese von den bei jeder Fortpflanzung ohne Intelligenz erfolgenden kleinen oder großen Abänderungen

*) l. c. S. 135.

Digitized by Google

heute eine Wahrheit würde, so spricht eine ungeheuer große Wahrscheinlichkeit dafür, daß von heute ab die Organismenwelt zusehends von ihrer Vollkommenheit einbüßen und allmählich in den Schoß der unorganischen Natur zurückkehren müßte."

Ich komme nun zu einem Einzelfalle von großer Bedeutung, den Spencer und namentlich Wolff gegen das Selektionsprinzip in das Feld führen. Es ist das die gleichzeitige und gleichsinnige Entstehung oder Umbildung zweier oder mehrerer Organe, für welche die Selektion schlechterdings keine Erklärung besitzt.

Spencer geht davon aus, daß, wenn die Entstehung einer neuen Eigenschaft A nur nützlich sein könne durch gleichzeitiges Entstehen der kooperierenden Eigenschaften a b c d, so werde die Entstehung von A allein keinen Nutzen abwerfen. Er führt eine Reihe von Beispielen an, darunter das Känguruh, welches, um aus einem laufenden ein springendes Tier zu werden, in gleichzeitiger korrespondierender Abänderung sowohl die vorderen wie die hinteren Beine in Sprungorgane verändern mußte. Wenn aber schon die künstliche Züchtung sich nicht zugleich auf zwei Organe richten kann, wie viel weniger wird dies die zufällige Variation vermögen? Ich lasse nachstehende Ausführung Spencers*) im Wortlaute folgen:

„Wenn wir also in den Fällen, wo eine Prüfung möglich ist, keine begleitende Variation in zusammenwirkenden Teilen finden, die nahe beisammen liegen, — wenn wir eine solche auch nicht bei Teilen finden, die, obgleich aus verschiedenen Geweben zusammengesetzt, doch so innig verbunden sind, wie Zähne und Kinnladen; wenn wir sie selbst da nicht finden, wo die zusammenwirkenden Teile nicht bloß innig vereinigt, sondern auch aus demselben Gewebe aufgebaut sind, wie das Auge der Krabben und dessen Stiel — was sollen wir dann von zusammenwirkenden Teilen sagen, die, abgesehen von ihrem Aufbau aus verschiedenen Geweben, auch räumlich auseinanderliegen? Wir sind nicht allein gezwungen, die Annahme zurückzuweisen, daß sie zusammen variierten, sondern wir haben volles Recht, zu behaupten, daß sie gar keine Neigung zu solchem gleichzeitigen Variieren haben. Und welche Folgerungen

*) Die Faktoren der organischen Entwicklung. Kosmos 1886. S. 351.

Digitized by Google

sind aus den Fällen zu ziehen, wo die Zunahme eines Gebildes keinen Nutzen haben kann, sofern nicht eine begleitende Vergrößerung bei zahlreichen, weiter abliegenden Gebilden stattfindet, welche sich dem ersteren anschließen mußten, um die Tätigkeit auszuführen, für welche jenes dienlich ist?"

Wolff weist in ganz ähnlicher Weise nach, daß, wenn man auch annehmen wolle, es habe sich ein Auge oder ein Ohr durch Selektion gebildet, dies ganz undenkbar sei für die gleichzeitige langsame Entwicklung von zwei Augen oder zwei Ohren, und daß das Herbeirufen des Korrelationsprinzipes hierbei wirkungslos sei, weil demselben keinerlei kausale Bedeutung innewohne. Tatsächlich müßten aber alle zusammengehörigen Muskeln und Nerven gleichsinnig und gleichzeitig variiert haben, und dasselbe gelte von der Umwandlung der Extremitäten der Wirbeltiere. Wolff weist speziell auf die Entdeckungen Kowalewskis hin über die Phylogenie des Pferdes, bei welchem Umbildungsprozesse Korrelation um so weniger maßgebend gewesen sein könne, als die Abänderung anfangs zugleich an beiden Hinterbeinen, später erst an den Vorderbeinen auftrete.

Hier ist auch der merkwürdigen Doppelanpassung zwischen Blumen und Insekten zu gedenken. Wenn der Zufall sie für einander variieren ließ, so muß er als wahrer Wundertäter gepriesen werden. Die Wechselbeziehungen sind so kompliziert, daß man an Zufälle höherer Potenz denken müßte, wollte man sie auf Selektion zurückführen. Nägeli hebt hervor, daß schon die einfachsten Fälle solcher Wechselanpassungen nicht durch Selektion erklärt werden können, z. B. die Tatsache, daß die Bestäubung von Blumen mit langen Röhren durch Insekten mit langen Rüsseln ausgeführt werde. Ohne Zweifel sind nach ihm die langröhrigen Blumen von kurzröhrigen abzuleiten, die langen Rüssel aus kurzen entstanden. Die Anpassung mußte doch eine ununterbrochene sein, die Umbildung beider Organe also gleichen Schritt halten. Nehmen wir an, die Blumenröhre und der Rüssel hatten ursprünglich

Digitized by Google

eine mittlere Länge von wenigen Millimetern, so kommt folgendes in Betracht:

„Wurde nun die Blumenröhre bei einigen Pflanzen länger, so war die Veränderung nachteilig, weil die Insekten beim Besuche derselben nicht mehr befriedigt wurden und daher Blüten mit kürzeren Röhren aufsuchten; die längeren Röhren mußten nach der Selektionstheorie wieder verschwinden. Wurden andererseits die Rüssel bei einigen Tieren länger, so erwies sich diese Veränderung als überflüssig und mußte nach der nämlichen Theorie als unnötiger Aufwand beseitigt werden. Die gleichzeitige Umwandlung der beiden Organe aber wird nach der Selektionstheorie zum Münchhausen, der sich selbst am Zopfe aus dem Sumpfe zieht." *)

Alle solche Veränderungen konnten daher nur gesetzmäßig fortgeschritten sein, nicht aber durch den Zufall bedingt werden. Darum ist die Ursache derselben unbekannt; unter keinen Umständen konnte es aber die Selektion sein. Wolff ist geneigt, den ungeheuren Beifall, den der Darwinismus bei seinem Auftauchen auch im Kreise der Fachmänner fand, zurückzuführen auf den Wunsch, die Erscheinungen des Lebens aus dem, was wir wissen, erklären zu können; und er weist solche Wünsche als unzulässig zurück, sofern sie den Ausgangspunkt bilden für grundlose Hypothesen. In einer speziell gegen Weismann gerichteten Polemik schließt er mit folgenden Worten:

„Wir dürfen hoffen, daß in die biologische Forschung ein Geist des Ernstes wieder einziehen werde, der in der Natur nicht das zu finden trachtet, was er gern möchte, sondern der stetig bereit ist, sich der Wahrheit auf Gnade und Ungnade zu ergeben und ohne Wunsch an das Rätsel des Lebens heranzutreten."

Gegenüber den Maßlosigkeiten, zu denen sich manche Jünger des Darwinismus hinreißen ließen, im Gegensatz zu den Übertreibungen anderer, die von einer Allmacht der natürlichen Züchtung gesprochen haben, wirkt wahrhaft wohltuend die Selbstkritik Darwins und die Offenheit, mit der er Ein-

*) Abstammungslehre S. 150.

Digitized by Google

seitigkeiten seiner Lehre und begangene Fehler eingesteht. So sagt er in einem späteren Buche*) mit Bezug auf die Selektion:

„Ich hatte früher die Existenz vieler Strukturverhältnisse nicht hinreichend betrachtet, welche, soweit wir es beurteilen können, weder wohltätig noch schädlich zu sein scheinen, und ich glaube, dies ist eines der größten Versehen, welche ich bis jetzt in meinem Werke entdeckt habe. . . . . Derartige Gebilde können durch keine Form der Zuchtwahl, ebensowenig wie durch die vererbten Wirkungen des Gebrauchs oder Nichtgebrauchs von Teilen erklärt werden."

Ich habe diese Worte Darwins angeführt, um der Größe seines Charakters dadurch ein Denkmal zu setzen. Nur minderwertige Geister können es nicht über sich gewinnen, Irrtümer und Fehler einzugestehen.

Daß aber durch die obigen Mitteilungen aus der am Selektionsprinzipe geübten Kritik die Hauptlehre Darwins auf das tiefste erschüttert wird, dürfte sich ohne weiteren Kommentar ergeben.

*) Die Abstammung des Menschen I, S. 132; II, S. 341.

Digitized by Google

Kapitel 30.

Vererbung erworbener Eigenschaften und Wirkung äußerer Einflüsse.

Ich beginne mit den Ansichten von Lamarck, weil dessen im Jahre 1809 veröffentlichte Ideen über die Entwicklung der Organismen zugleich den Versuch einer Kausalerklärung dieser Entwicklung enthalten.

Nach Lamarck gab es ursprünglich nur ganz einfache Tier- und Pflanzenformen; diese vervollkommneten sich im Laufe langer Zeiträume mehr und mehr, bis zuletzt die vollendeten Typen aus demselben hervorgingen. Die einfachsten Formen sollen durch Urzeugung entstanden sein, die nicht nur im Anfange stattfand, sondern bis in die Gegenwart fortdauert.

Für solche langsame Umbildung vom Niederen zum Höheren gibt es nach Lamarck zwei Ursachen: erstens ein Prinzip der fortschreitenden Entwicklung vom Niederen zum Höheren; und zweitens ein Prinzip der Anpassung an veränderte Lebensbedingungen, welches sich mit den Wirkungen jenes ersten Prinzips kombiniert. Durch das zweite Prinzip werden die Organismen umgestaltet, indem deren Organe teils durch gesteigerten Gebrauch und neue Anwendung sich weiter ausbilden, teils durch Aufhören des bisherigen Gebrauches verkümmern oder schwinden. Dadurch entstehen zunächst Varietäten, die mit der Zeit zu Arten werden, weil die

Digitized by Google

neu erworbenen, teils positiven, teils negativen Eigenschaften sich bei der Fortpflanzung auf die Nachkommen vererben.

Lamarck sucht also nicht nur die Ähnlichkeit der Typen auf Abstammung zurückzuführen, sondern auch die Zweckmäßigkeit der organischen Natur durch eine aktive oder passive Anpassung der Organismen an ihre Lebensbedingungen zu erklären. In seinen dafür geltend gemachten Beispielen ist er nicht gerade glücklich. Es spielt darin namentlich das Ausrecken von Körperteilen eine Rolle. So soll der lange Hals der Giraffe dadurch entstanden sein, daß die Vorfahren des Tieres Laub von Bäumen fraßen und sich hierbei daran gewöhnten, den Hals immer länger emporzurecken. In ähnlicher Weise denkt er sich den Hals des Reihers als eine Anpassung an das Fischefangen entstanden, auch die lange Zunge der Spechte und Ameisenfresser, weil diese Tiere ihre Nahrung aus Spalten und feinen Höhlen herauszuholen hatten. Wenn sich bei einem Individuum ein solcher Körperteil ein wenig verlängert hatte, so vererbte sich dieser Zuwachs auf die Nachkommen, und durch Summierung derartiger Verlängerungen im Laufe von Generationen entstanden jene Formen, welche wir kennen. Daß diese Fälle rein aus der Phantasie konstruiert wurden, bedarf wohl kaum der Hervorhebung.

Indessen gibt es zweifellos im Leben der Individuen Beispiele einer Organverstärkung infolge von Anpassung an besondere Verrichtungen. Bekannt ist, daß ein Ruderer durch gesteigerten Gebrauch der Arme eine Verstärkung der Armmuskeln erfährt; allein, ob diese erworbene Eigenschaft des Körpers sich auf Nachkommen vererbt, ist noch zweifelhaft. Freilich ist es gewagt, eine solche Vererbung gänzlich zu leugnen, die Frage wäre auch schwierig zu entscheiden. Wenn auch wohl die verstärkten Armmuskeln eines einzelnen Mannes auf seine Kinder kaum übertragen werden, so wäre doch denkbar, daß bei einem Geschlechte von Fischern, wo beide Eltern ihr Leben lang viel rudern, im Laufe von Generationen eine

Digitized by Google

bemerkbare Verstärkung der Armmuskeln stattfände; meines Wissens fehlt es darüber an Untersuchungen. Die erbliche Übertragung jenes Erwerbs muß daher vorläufig als fraglich gelten.

Dem Erwerb durch Übung steht ein Verlust durch Nichtgebrauch gegenüber. Gerade bei den menschlichen Armmuskeln ist ein Schwinden leicht nachweisbar, sobald die immer wiederholte Übung wegfällt. Indessen ist bekannt, daß Verstümmelungen nicht vererbt werden, und daß Krüppel der verschiedensten Art ganz normale Nachkommen haben. Im allgemeinen werden wir aber leichter geneigt sein, bei den Organismen das Verkümmern eines Organs durch Nichtgebrauch als die Vervollkommnung eines anderen durch gesteigerten Gebrauch anzuerkennen: so das Verkümmern der Extremitäten bei parasitischen Krebsen; das Verkümmern der Augen von Tieren, die in dunkeln Höhlen leben; das Verkümmern der chlorophyllgrünen Laubblätter bei Pflanzen, die sich parasitisch oder von Humus ernähren. In diesen Fällen würde die Umbildung der Organe durch den Nichtgebrauch eine verhältnismäßig zwanglose Erklärung sein.

Nach Lamarck haben sowohl Darwin als namentlich Herbert Spencer das Prinzip der direkten Anpassung, wie ich es kurz nennen will, als wichtigen Faktor bei der Umprägung der Arten anerkannt, nur räumen ihm beide nicht die Tragweite ein wie Lamarck. Darwin äußert sich darüber am präzisesten auf S. 421 der sechsten Auflage seines Origin of species, wo er sagt: daß nach seiner Ansicht die Selektion wesentlich unterstützt werde durch die vererbte Wirkung des Gebrauches und Nichtgebrauches der Teile und unwesentlich durch die direkte Einwirkung äußerer Bedingungen. Aber auch an verschiedenen anderen Stellen seiner Werke weist Darwin auf das Prinzip der Vererbung erworbener Eigenschaften hin.

Spencer*) hat einerseits mit Nachdruck hervorgehoben,

*) Vgl. die oben zitierten Schriften sowie seine Prinzipien der Biologie.

Digitized by Google

daß dies Prinzip ungeeignet ist, die Mehrzahl der phylogenetischen Erscheinungen zu erklären, anderseits aber gezeigt, daß doch eine ganz ansehnliche Gruppe von Tatsachen sich auf dasselbe gründen läßt. Spencer ist im Gegensatze zu Lamarck der Ansicht, daß Urzeugung nur einmal, zu Beginn des organischen Lebens, stattgefunden habe; aus einfachen Zellen habe sich dann die Fülle der Pflanzen und Tiere entwickelt. Er nimmt ferner an, daß der Gebrauch oder Nichtgebrauch eines Organs Folgen nach sich ziehe, und daß diese erblich sein können. Er stellt den zufälligen Variationen die funktionell erzeugten Abänderungen gegenüber. Gerade für das Zustandekommen der höheren Tierformen habe dieser Faktor Bedeutung; das sei ohne die Annahme einer Vererbung erworbener Charaktere nicht vorstellbar.

Spencer findet Belege für Steigerung von Fähigkeiten durch Gebrauch besonders auf dem Gebiete der Nerventätigkeit. Wenn die Fingerspitze sehr viel empfindlicher ist als die Rückenfläche der Hand, so erklärt er dies aus erblicher Fixierung einer größeren Übung. Noch größer ist der Unterschied zwischen der Empfindlichkeit der Haut der Zungenspitze und der Haut des Rückens gegen Berührung; dies führt Spencer darauf zurück, daß die Zungenspitze in fortwährender Berührung mit der ungleichen Oberfläche der Zähne steht, während dem Rücken eine solche Übung fehlt.

In den Ansichten Darwins und Spencers gegenüber Lamarck möchte ich vor allem den Fortschritt feststellen, daß erstere in der Vererbung erworbener Eigenschaften wohl ein wichtiges Hilfsmittel für die Veränderung der Arten anerkennen, keineswegs demselben aber die Rolle einer ausschließlich entscheidenden Ursache beimessen.

Wie wenig Selektion und Erwerb von Eigenschaften für sich allein ausschlaggebend sein können, zeigt folgendes von G. Wolff*) angeführtes Beispiel:

*) Biolog. Zentralblatt X, S. 455.

Digitized by Google

„Jedermann weiß, daß im Bienenstaate die Königin das einzige fortpflanzungsfähige Weibchen ist, und daß dieselbe ihre Zeugungsfähigkeit durch besondere, vermöge des Instinkts der Arbeiter ihr zu teil werdende Fütterung erlangt. Hier besteht also der Instinkt nicht etwa in der Benutzung eines am Körper überhaupt sich findenden Gebildes, sondern in der Benutzung einer physiologischen Eigentümlichkeit, die überhaupt nur dann eintritt, wenn sie benutzt wird. Hier hat also die Erscheinung selber ihre Benutzung zur Voraussetzung, beides kann unmöglich voneinander getrennt werden. Die Selektionstheorie müßte unbedingt annehmen, die Erscheinung, daß die Art der Nahrung einen solchen Einfluß auf die Organisation ausübt, sei Hand in Hand gegangen mit dem Instinkt, in der Fütterung der Nachkommen einen Unterschied zu machen."

„Dieses Beispiel ist auch deshalb interessant, weil, was nur nebenbei bemerkt sei, an ihm auch die Unrichtigkeit der Lamarckschen Erklärung des Instinkts durch vererbte Gewohnheit aufs schlagendste nachgewiesen werden kann. Der Lamarckismus müßte hier die allerabenteuerlichsten Voraussetzungen machen, nämlich einmal, daß die Vorfahren der Bienen eine solch raffinierte Schlauheit besaßen, diese physiologische Erscheinung zu entdecken, eine Entdeckung, die einem Physiologen von Fach Ehre gemacht haben würde, ferner, daß sie über die Vorteile der Arbeitsteilung nachgedacht hätten, daß ihnen der Gedanke gekommen sei, auf experimentellem Wege unter Benutzung jener Entdeckung durch künstliche Degeneration der Geschlechtsorgane die Möglichkeit einer strengen Arbeitsteilung herbeizuführen, daß ihnen dies Ideal einer Sozialpolitik gelungen sei, und daß diese dann zur Gewohnheit gewordene Methode, die soziale Frage zu lösen, sich auf die Nachkommen vererbt habe; humoristisch genug wären diese Voraussetzungen, aber das Allerhumoristischste ist noch dazu der Umstand, daß angenommen werden müßte, nicht von denjenigen Individuen, welche diese Gewohnheit hatten, sondern nur von denjenigen, die sie nicht hatten, sei eben jene Gewohnheit vererbt worden. Denn die Gewohnheit besteht ja darin, sich selbst der Fortpflanzung zu enthalten und andere Individuen besonders geeignet zur Fortpflanzung zu machen. Es pflanzen sich daher nicht diejenigen Individuen fort, welche diese Gewohnheit haben, sondern nur die, welchen sie zu gute kommt, nämlich die Königinnen. Auch von der väterlichen Seite konnte die Gewohnheit nicht vererbt werden, denn die Männchen haben sie eben nicht, sie beteiligen sich nicht an der Arbeit, Königinnen zu züchten, ganz abgesehen davon, daß die Männchen, die ja keinen Vater haben, die Gewohnheit doch von der Mutter, nämlich der Königin, geerbt haben müßten. Während also der Darwinismus [die Selektionstheorie] hier an der Komplikation des von ihm zu

Digitized by Google

fordernden Variierungsinkrements scheitern würde, müßte der Lamarckismus sich sehr bald durch das haarsträubende seiner Konsequenzen ad absurdum geführt sehen, und wir haben hier ein Beispiel, das uns in besonders klarer Weise zeigt, daß weder der eine noch der andere, sondern nur ein dritter noch nicht betretener Weg unserem Ziel zuführen kann."

Wenn im angeführten Beispiele auch die Unfähigkeit des sogenannten Lamarckismus klar hervortritt, jene verwickelten biologischen Verhältnisse zu erzeugen, so ist doch nicht daran zu zweifeln, daß in anderen Fällen eine Vererbung erworbener Eigenschaften vorkommt, und zwar nicht nur bei morphologischen, sondern auch bei physiologischen Erscheinungen, wie z. B. in der Vererbung musikalischer Begabung bei Menschen. Schließlich könnten wir jede erblich gewordene Abänderung auch eine Vererbung erworbener oder verlorener Merkmale nennen; man beschränkt aber die Bezeichnung auf erbliche Anpassungen, und da fragt es sich dann, ob die Anpassung direkt erworben wurde, also nach dem Prinzipe Lamarcks, oder indirekt durch Selektion, und die Entscheidung dieser Frage ist immer schwierig, ja vielleicht in den meisten Fällen unmöglich.

Auch die unmittelbare Wirkung äußerer Verhältnisse kommt als Ursache für die Abänderung und Umbildung der Arten in Betracht. Als erster, der sie geltend machte, pflegt Geoffroy St. Hilaire genannt zu werden, welcher einst mit Cuvier in der Pariser Akademie über die Veränderlichkeit der Arten stritt.

Unzweifelhaft sind äußere Einflüsse wirksam auf die Gestaltung der Tiere und namentlich der Pflanzen. Nur ist sehr schwer zu entscheiden, wie weit bei dem Einflusse, den sie ausüben, Erwerb und Verlust von Eigenschaften oder Selektion mit im Spiele war; mit einem Worte, ob jener Einfluß wirklich ein direkter gewesen ist. Gewöhnlich wird dies allerdings für zahlreiche Erscheinungen angenommen.

Auch Darwin hat anerkannt, daß das Klima eine unmittelbare Einwirkung gehabt haben müsse. Darauf führt

Digitized by Google

man die Tatsache zurück, daß in gewissen Klimaten, z. B. in Australien und an der Südspitze Afrikas, Pflanzen der allerverschiedensten Familien und Gattungen eine ganz ähnliche Gestalt angenommen haben. Man erblickt darin gleichsam einen Stempel, den das eigentümliche Klima jener Länder der dortigen Pflanzenwelt aufgeprägt hat. Indessen müssen hierbei doch auch spezifische Entwicklungsimpulse einen wesentlichen Einfluß ausgeübt haben, weil trotz aller Übereinstimmung in der Gestalt dennoch die Mannigfaltigkeit der australischen und der Kappflanzen ebenso groß ist wie die irgend eines anderen Landes. Ähnliche Erscheinungen zeigt der Pflanzenwuchs dürrer, trockener Standorte in allen Ländern; während das Gepräge der auf beschattetem oder feuchtem Boden wachsenden Pflanzen wieder ein eigenartiges ist. Unzweifelhaft reagieren die Pflanzen in Gestalt und Struktur vielfach auf die äußeren Verhältnisse ihrer Umgebung.

Es läßt sich leicht nachweisen, daß die Ernährungsart, daß Boden und Standort während der ontogenetischen Entwicklung einer Pflanze einen abändernden Einfluß auf dieselbe ausüben können. Allein wie weit daraus Schlüsse zu ziehen sind auf die phylogenetische Entstehung der Arten, bleibt fraglich. Denn die Mehrzahl solcher unmittelbaren Einwirkungen äußerer Bedingungen ist erfahrungsgemäß nicht erblich; ihre sichtbaren Zeichen verschwinden schon während der Entwicklung der nächsten Generation, wenn man nicht Sorge trägt, daß diejenigen Verhältnisse dauernd die Pflanze umgeben, welche jene Abänderung hervorriefen. So wenig beim Menschen Verstümmelungen, etwa der Verlust eines Fingergliedes, oder Hypertrophien, z. B. ein Fettleib, sich vererben, so wenig geschieht das mit den direkt durch äußere Eingriffe bewirkten Bildungsabweichungen der Pflanzen. Als Beispiel sei nur an die Nichtvererbbarkeit der Gallen erinnert, jener höchst eigentümlichen Wucherungen der Gewebe, die durch Insektenstiche an Blättern und Stengeln hervorgerufen werden.

Digitized by Google

Indessen steht dieser Tatsache die andere gegenüber, daß äußere Verhältnisse die unerläßliche Bedingung sind oder sein können für das Zustandekommen der typischen, d. h. erblichen Gestalt einer Art. Die Gestalt mancher Blätter wird dadurch eine andere, daß man sie sich in schwächerem Lichte entwickeln läßt, als die Natur es darbietet. Man darf in diesem Falle aber nicht sagen, das Licht allein sei die Ursache der normalen Gestalt, sondern das Licht ist nur eine der für das Zustandekommen der Normalform unerläßlichen Bedingungen. Abschwächung des Lichtes hat nur eine analoge Wirkung wie in anderen Fällen ein trockener oder ein feuchter Boden. Es ist das eine ähnliche Erscheinung wie die, daß unsere Obstbäume in den Tropen nicht blühen oder Früchte tragen wollen. Es treten uns hierbei die Veränderungen in den Verhältnissen der Umgebung als Störung der normalen Lebensbedingungen entgegen. Anderseits ist zu berücksichtigen, daß auf gleich sonnigem Standorte und bei gleicher Bodenbeschaffenheit verwandte Pflanzen mit ganz verschiedenen Blättern gedeihen können, wie z. B. Sedum maximum und Sedum reflexum, von denen das erstere ganz flache, das zweite pfriemenförmige Blätter besitzt. Von Meeresalgen, die sicher sehr alte Gewächse sind, findet man oft eine große Zahl der verschiedenstgestalteten Arten am gleichen Standorte und unter denselben Lebensbedingungen durcheinander wachsen; der verschiedenste Habitus scheint hier den gleichen Verhältnissen in gleich guter Weise angepaßt zu sein.

Daß die äußeren Bedingungen in ihrem Einflusse auf die Gestalt die Bedeutung auslösender Reize besitzen können, wird besonders durch den Einfluß der Schwerkraft bewiesen. Ohne denselben würde die Gestalt unserer Waldbäume nicht zu stande kommen. Hierbei kann nicht von einer Wirkung der Schwere die Rede sein, wie sie uns im fallenden Steine entgegentritt, sondern die Pflanze ist für den Reiz der Schwerkraft empfindlich und reguliert danach ihre Gestalt. In diesem Falle handelt es sich also um eine indirekte Wirkung des

Digitized by Google

äußeren Einflusses; der Schwerpunkt der Erscheinung liegt in der eigenartigen Reaktion der Pflanze auf den äußeren Reiz.

Die bedeutsamste Tatsache unter allen hierher gehörigen Erscheinungen ist die, daß Tiere und Pflanzen auf äußere Einflüsse so zweckmäßig wie möglich zu reagieren vermögen, und darin haben wir eine der wichtigsten Anpassungen der Organismen an ihre Lebensbedingungen, vielleicht die allerwichtigste, zu erblicken; ich will damit sagen, die Anpassungsfähigkeit der Organismen an veränderte Lebensbedingungen ist selbst eine Anpassung von hervorragender Bedeutung.

Treffend äußert sich E. Warming*) zu diesen Tatsachen folgendermaßen. Er nimmt an,

„daß die Pflanzen eine besondere angeborene Kraft oder Fähigkeit besitzen, sich an die gegebenen neuen Verhältnisse direkt anzupassen, d. h. auf eine für das Leben nützliche Weise in Übereinstimmung mit den neuen äußeren Lebensbedingungen zu variieren; er nimmt also an, daß zwischen den äußeren Ursachen und dem Nutzen der Veränderungen eine gewisse Verbindung bestehe, die im übrigen unbekannt ist (Selbstregulierung oder direkte Anpassung)."

Zu den äußeren Einflüssen im weitesten Sinne rechne ich auch die Kreuzung, d. h. die Befruchtung des Eies einer Art durch die männliche Keimzelle einer anderen Art oder Rasse.

In Bezug auf den Einfluß solcher Kreuzung, wodurch sogenannte Bastarde hervorgerufen werden, gehen die Ansichten der Biologen, namentlich der Botaniker, noch weit auseinander. Während die einen glauben, daß durch Kreuzbefruchtung die aus der Variation entspringenden Verschiedenheiten der Individuen wieder ausgeglichen werden, so daß die Befruchtung gerade die Konstanz der Arten aufrechterhalten würde, erblicken andere, unter denen namentlich Kerner zu nennen ist, in der Kreuzung den Ausgangspunkt für die Bildung neuer Arten.

*) Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, Deutsche Ausgabe. S. 377. (1896.)

Digitized by Google

Schon Linné, dessen Namen man sich gewöhnlich mit dem Begriffe unabänderlich erschaffener Arten unlöslich verknüpft denkt, hat sich mit dem Gedanken der Blutsverwandtschaft der Spezies und des Einflusses der Kreuzung auf die Bildung neuer Arten beschäftigt. Er tut darüber folgenden Ausspruch*):

„Lange habe ich die Vermutung gehegt, die ich doch nicht für unzweifelhafte Wahrheit auszugeben wage, sondern nur als eine Hypothese vorlege, daß alle Spezies derselben Gattung im Anfange nur eine Spezies bildeten, später aber durch hybride Zeugung sich hervorgebildet haben."

Kerners Verdienst ist es dann insbesondere gewesen, daß er den verbreiteten Glauben zerstörte, die Samen der meisten Bastarde seien nicht entwicklungsfähig. Er wies nach, daß diejenigen Pflanzen, auf welche sich jenes Vorurteil stützt, und deren durch Kreuzung verschiedener Arten erzeugte Bastarde keine keimfähigen Samen bilden, z. B. Königskerzen, gerade die Ausnahme von der Regel, die Minderheit bilden; die meisten Bastarde bringen so gut keimfähigen Samen hervor wie die durch Inzucht befruchteten Individuen. Da nun die Vermischung verschiedener Pflanzenarten durch Kreuzung häufig genug vorkommt, so gelangt Kerner**) zu dem Schlusse, daß gerade in der Kreuzung die Ursache der Neubildung von Arten gegeben ist, und daß die in der Gegenwart lebenden Arten zum größten Teile die Abkömmlinge von Bastarden sind, deren Stammeltern in früheren Erdperioden lebten und später ausstarben. In der Vermischung der Arten durch Kreuzbefruchtung, also auch der Kreuzung der Bastarde, erblickt Kerner die unversiegbare Quelle einer unausgesetzt andauernden Umbildung der Arten.

Daß aber die Zahl der Arten auf diese Weise nicht in das Unbegrenzte wächst, wird durch Selektion gehindert.

---

*) Zitiert bei v. Baer, Studien S. 256.

**) Pflanzenleben S. 568 ff.

Digitized by Google

nämlich in der Weise, daß nur die den äußeren Lebensbedingungen gut angepaßten Arten sich erhalten, während die weniger angepaßten zu Grunde gehen. Die Kreuzung liefert den Anstoß, die Selektion bildet den Regulator für die Neubildung von Arten. Wenn daher in einem Lande das Klima sich ändert (S. 582), so kann eine ganz neue und eigenartige Flora dadurch entstehen, daß von den durch Kreuzung neugebildeten Arten nur diejenigen sich erhalten, die den neuen Bedingungen angepaßt sind, während die übrigen — und dahin wird die Mehrzahl der Arten der älteren Flora gehören, — aussterben müssen.

Kerner verlegt also die Ursache der Umprägung der Arten in den Befruchtungsvorgang. „Über alle Zweifel erhaben" sagt er (S. 581), „ist, daß die durch die Einflüsse des Bodens und Klimas unmittelbar veranlaßten Veränderungen der Gestalt nicht erblich werden," und „daß neue Arten nur auf dem Wege der Befruchtung entstehen können."

Die allgemeine Anwendbarkeit dieser Theorie Kerners stößt indessen schon darum auf Schwierigkeit, weil es umfangreiche Gruppen von Organismen gibt, in denen überhaupt keine geschlechtliche Fortpflanzung vorkommt, sondern die sich nur durch Teilung, also ohne Befruchtung, vermehren. Von Pflanzen gehören dahin u. a. die blaugrünen Algen und die Bakterien. Man müßte schon annehmen, daß jede Bakterienart von einer anderen, später ausgestorbenen, abstammt, die sich durch Befruchtung vermehrte — das wäre aber eine wenig wahrscheinliche Hypothese. Wenn man daher in den Vorgang der ungeschlechtlichen Vermehrung nicht auch einen „artbildenden Anstoß" verlegen will, wodurch die Tragweite der Kreuzung für Neubildungen nicht herabgesetzt zu werden brauchte, so würde die Mannigfaltigkeit der Typen bei den geschlechtslosen Organismen ganz unerklärt dastehen. Außerdem kennen wir in vielen sich geschlechtlich fortpflanzenden Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches gar kein Vorkommen

Digitized by Google

von Kreuzungen. Nebenbei sei noch erwähnt, daß Kerner ein Gegner der Kant-Laplaceschen Theorie ist, und daß nach seiner Meinung die Erde von Ewigkeit her mit Pflanzen und Tieren bevölkert war, durch welche Hypothese allerdings die Schwierigkeit, welche die Herkunft der ersten Organismen bereitet, umgangen wird.

Immerhin bleibt zu beachten, daß die große Zahl der durch die Kunst der Gärtner neu hervorgebrachten und durch Samen erblich vermehrten Blumensorten durch Kreuzbefruchtung erzeugt worden ist, so daß die Kreuzung bei der Entstehung der Arten gar wohl eine Rolle zu spielen vermag; wenn auch schwerlich in der Ausdehnung, ja Ausschließlichkeit, die Kerner ihr zuschreibt.

Es läßt sich wohl annehmen, daß, wenn äußere Einflüsse, z. B. klimatische Faktoren, eine Pflanzenform abgeändert haben und Jahrtausende hindurch in dem gleichen Sinne auf ihre Nachkommen einwirkten, so daß die Abänderung sich erhielt, die Abänderung sich zuletzt in dem Sinne erblich befestigt, daß sie auch bei dem Wegfall jener Bedingungen sich noch erhalten kann. Das ist eine Frage, die der experimentellen Prüfung allerdings unzugänglich bleibt. Indessen dürfen wir aus Abänderungen, die von kurze Zeit dauernden äußeren Einflüssen herrühren, und die beim Aufhören jener Einflüsse wieder verschwinden, nicht den Schluß ziehen, daß bei sehr langer Einwirkung jener Einflüsse die betreffenden Abänderungen nicht dennoch fixiert worden wären. Wenn wir Pflanzen, deren Gestalt eine Anpassung an das trockne australische Klima zur Schau trägt, in der feuchten Luft unserer Gewächshäuser kultivieren, und sie hierbei ihre Gestalt vollständig beibehalten, so kann dies doch vielleicht als eine Wirkung äußerer Einflüsse von säkularer Dauer gedeutet werden, die auch unter veränderten Lebensbedingungen — wenigstens bis auf weiteres — sich erhält.

Bei Tieren scheinen äußere Einflüsse sich weniger leicht bemerklich zu machen als bei Pflanzen. Doch kennt man

Digitized by Google

klimatische Formen von Schmetterlingen, die sich durch Anwendung von Wärme oder Kälte künstlich erzielen lassen, so daß man durch Regelung der Temperaturverhältnisse während der Entwicklung nördliche Varietäten in südliche und umgekehrt überzuführen vermag.

Eine Allmacht der äußeren Einflüsse bei Umbildung der Arten ist indessen ebensosehr zurückzuweisen wie die Allmacht der Selektion.

Digitized by Google

Kapitel 31.

Nägelis Theorie der Umbildung.

Bei einer bloß negativen Kritik der Selektionslehre konnte die Naturwissenschaft nicht stehen bleiben, dazu war die Wirkung der Darwinschen Ideen eine zu tiefgehende und zu nachhaltige. Es mußte ein Gefühl äußersten Unbehagens hervorrufen, wollte man nach Entthronung des Selektionsgedankens nicht wenigstens den Versuch machen, die entstandene Lücke in dem durch Darwin erweiterten Vorstellungskreise wieder zu schließen, das Selektionsprinzip durch ein anderes, weniger widerspruchsvolles zu ersetzen.

Dies ist nun besonders durch Nägeli geschehen, der mit einer ablehnenden Kritik der Selektionslehre den Versuch verbunden hat, die Erklärung der Vielgestaltigkeit der Pflanzen und Tiere auf andere Weise zu erreichen.

Nägeli war von jeher Anhänger einer Umbildung der Organismen gewesen; wir haben ihn schon als Verfechter einer bis in die Gegenwart fortdauernden Urzeugung aus unorganischem Materiale kennen gelernt und ihn auf diesem Gebiete bekämpft. Seine Schriften über die Entstehung der Arten umspannen einen Zeitraum von fast 20 Jahren, während welcher Zeit dieser hervorragende Naturforscher unablässig am Ausbau seines Gedankensystems arbeitete; die erste Veröffentlichung erschien 1865 *), das große, abschließende Werk

*) Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art, München 1865: zitiert als Vortrag.

Digitized by Google

im Jahre 1884*). Um seine Theorie beleuchten zu können, wird es erforderlich sein, den Inhalt beider Schriften zu berücksichtigen. In der ersten treten die leitenden Grundgedanken bereits klar hervor; in der Abstammungslehre sucht er sie durch einen in das einzelne gehenden Ausbau sicherzustellen.

Wie Darwin nimmt auch Nägeli seinen Ausgang von der Variation. Allein, da er mit einer zufällig und nach allen Richtungen oszillierenden Variation nichts anzufangen weiß, sucht er dieselbe durch die Hypothese einer bestimmt gerichteten Variation zu ersetzen, die geeignet ist, den Aufstieg von den einfachen zu den zusammengesetzten Typen der Organismen verständlich zu machen. Hören wir zunächst seine eigenen Worte**):

„Im Anfange gab es nur eine oder einige wenige Arten einzelliger Pflanzen. Mitbewerber waren keine vorhanden und die äußeren Bedingungen auf der ganzen Erdoberfläche die nämlichen. Nach der Nützlichkeitstheorie fehlte es an den Hebeln, welche die Entstehung nützlicher Abänderungen bedingen; sie vermag nicht zu erklären, warum zusammengesetztere und höher organisierte Wesen sich entwickelten. Sie vermag es um so weniger, als gerade die einzelligen Gewächse sich so höchst indifferent gegen die äußere Umgebung verhalten; in unserer Zeit finden wir die gleiche Art über verschiedene Zonen verbreitet, also unter den verschiedensten klimatischen Verhältnissen und umgeben von der mannigfachsten Tier- und Pflanzenwelt."

„Aus diesen Gründen scheint es mir geboten, neben der Nützlichkeitstheorie auch die der Vervollkommnung anzuerkennen. Diese fordert die Annahme, daß die individuellen Veränderungen nicht unbestimmt, nicht nach allen Seiten gleichmäßig, sondern vorzugsweise und mit bestimmter Orientierung nach oben, nach einer zusammengesetzteren Organisation zielen. Sie führt zu dem Schlusse, daß die Entwicklung der organischen Reiche nicht planlos herumtappe und ihr Korrektiv nicht lediglich in der Existenzfähigkeit finde, sondern daß sie nach bestimmtem Plane erfolge. Es ist hierfür keine übernatürliche Einwirkung nötig, welche den Abänderungsprozeß leitet. Wie aus einer Eizelle, vermöge ihrer eigentüm-

*) Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, München und Leipzig 1884.

**) Vortrag S. 28.

Digitized by Google

lichen chemischen und physikalischen Zusammensetzung, nur eine bestimmte Pflanzen- oder Tierspezies sich entfaltet, so ist in den durch Urzeugung entstandenen einzelligen Organismen bloß die Möglichkeit analoger Entwickelungsreihen, wie sie uns im Pflanzen- und Tierreich entgegentreten, enthalten. Aus den spontan erzeugten Zellen konnte wohl ein Löwe und ein Apfelbaum werden, nicht aber, und wenn die äußern Verhältnisse noch so günstig dafür gewesen wären, ein Geschöpf, das zwischen Löwe und Apfelbaum die Mitte hielte oder von beiden gleich sehr abweichend einem dritten organischen Reiche angehörte."

Damit führte Nägeli ein Prinzip des Fortschritts vom Niederen zum Höheren ein, um daraus den Gestaltenreichtum der Organismen, wie wir ihn kennen, zu erklären. Bei Darwin liegt das treibende Moment der Umbildung in der ziellosen Variation, das richtende, ordnende in der Selektion. Bei Nägeli liegt schon in der Abänderung zugleich Triebkraft und Richtung. Darum nennt Nägeli auch seine Anschauung im Gegensatz zur Selektionslehre die „Theorie der direkten Bewirkung". Mit seinem Vervollkommnungsprinzipe macht Nägeli die Umbildung zum Ergebnis einer inneren, einem Ziele zustrebenden Notwendigkeit, und diese inneren Triebkräfte werden bei ihm allein bestimmend für die wesentlichen, d. h. die morphologischen Merkmale der Pflanzen und Tiere. Äußere Einflüsse haben nur in nebensächlicher Weise modifizierend mitgewirkt und diejenigen Anpassungsmerkmale hervorgerufen, welche für die Unterscheidung der Haupttypen nicht in Betracht kommen. In seiner ersten Schrift gesteht Nägeli der Selektion noch eine Mitwirkung bei jenen Anpassungen zu, hauptsächlich läßt er durch sie aber die Lücken zwischen den Arten zu stande kommen. Später scheint er dann dem Selektionsprinzipe immer weniger Leistungsfähigkeit zugetraut zu haben. —

Nur in aller Kürze sei hier darauf hingewiesen, daß wie Nägeli auch Askenasy*) und K. E. von Baer von vornherein eine zielstrebige Abänderung im Gegensatz zur ziel-

*) Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre, Leipzig 1872.

Digitized by Google

losen Variation Darwins fordern, um die Umbildung der Organismen begreiflich erscheinen zu lassen. Askenasy gesteht der Selektion hauptsächlich nur eine Ausmerzung des Unzweckmäßigen zu; durch sie werden unter Benutzung der ziellosen Variation lediglich Anpassungscharaktere geschaffen. Er erkennt also beiderlei Variationen nebeneinander an; die bestimmt gerichtete soll aber nur von Zeit zu Zeit tätig sein, so daß Perioden großer Konstanz der Arten mit solchen stärkerer Veränderlichkeit wechseln. Die bestimmt gerichtete Variation soll dabei vom Unvollkommneren dem Vollkommneren zustreben, auch denkt er sich die Umbildung teils allmählich, teils sprungweise fortschreitend. —

Kehren wir zu Nägeli zurück.

In seinem Vervollkommnungsprinzipe macht sich ebenso wie bei Askenasy die Richtung geltend, und zwar eine nach aufwärts zeigende Richtung. Dadurch wird die Analogie der phylogenetischen Umbildung zur ontogenetischen Entwicklung eine viel größere, als sie bei Darwin ist. Die auf Vervollkommnung gerichtete Variation kommt von innen heraus, sie ist ein den ersten Zellen innewohnendes Streben, man ist versucht zu sagen, ein Streben a priori, bestimmte Formen anzunehmen und auf ein bestimmtes Ziel loszugehen. Daneben sind ihm die äußeren Lebensbedingungen Ursache der Anpassungsmerkmale. Diesen Faktor in seine Rechnung einzufügen, ist ihm schon darum Bedürfnis, weil er offenbar nicht so weit gehen will, den Vervollkommnungstrieb direkt auf alle zweckmäßigen Anpassungen losteuern und nach ihrer Erreichung zum Stillstande gelangen zu lassen. Wie der Entwicklungsimpuls, ein Hühnchen zu werden, im Innern des Eies liegt und nicht in der Brütwärme, während letztere doch als unerläßliche, äußere Bedingung hinzutritt, so bedarf Nägeli auch der äußeren Verhältnisse für seine Theorie der Umbildung. Er läßt dieselben als Reize sogar Gestaltänderungen der Organismen unmittelbar hervorrufen, wie der Stich der Gallwespen auf den Blättern vieler Pflanzen

Digitized by Google

Wucherungen der Gewebe erzeugt, die von den Pflanzen allein nicht hervorgebracht worden wären.

In der Abstammungslehre geht Nägeli so weit, daß er, wie es scheint, die Mitwirkung der Selektion bei der Bildung der Formen ganz fallen läßt*). Ich sage absichtlich wie es scheint, da er sich nicht völlig widerspruchslos in dieser Hinsicht äußert. Hier läßt er die Umbildung durch das Zusammenwirken der inneren und äußeren Ursachen geschehen, da nach seiner Ansicht weder die inneren Impulse allein noch die äußeren Reize für sich allein etwas leisten können. Die fortschreitende Organisation und Arbeitsteilung, die Vervollkommnung im Fortschreiten vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren hängt von den inneren Impulsen ab; die Anpassung an die Lebensbedingungen dagegen ist Wirkung äußerer Einflüsse, die für den Organismus vorteilhafte Reaktionen herbeiführen. Er spricht es mit Vorliebe aus, daß die „morphologischen Merkmale" lediglich durch die inneren Impulse erzeugt werden.

Wie die Wirkung der äußeren Reize sich geltend mache, erklärt Nägeli, bleibe uns verborgen. „Ich bemerke nur im voraus," heißt es auf S. 139 der Abstammungslehre, „daß ich die Wirkung der Außenwelt nicht im Darwinschen Sinne, auf dem Umwege der Konkurrenz und Verdrängung, sondern als unmittelbares Bewirken verstehe, und daß die Verdrängung und mit ihr die Sonderung der Stämme erst nachträglich in Betracht kommt."

Nägeli führt ferner aus, daß die äußeren Einflüsse als unmittelbare Folge nur vorübergehende Veränderungen bewirken**). Wenn ein Reiz jedoch viele Generationen hindurch angedauert hat, kann er erbliche Dispositionen und Anpassungen schaffen***), wohin der Geotropismus, die Kletterpflanzen, die

*) Vgl. Abstammungslehre S. 167, 168.
**) l. c. S. 102.
*** S. 142 ff.

Digitized by Google

der Festigkeit dienenden Gewebe in Stengel und Blatt, die Blumenkronen als Anlockungsmittel für Insekten gehören. Wenn er diesem Gedanken im einzelnen nachgeht, so gerät er in mancherlei Phantasien hinein, denen nur eine geringe Überzeugungskraft innewohnt. So soll die Reizbarkeit des Dionäablattes, wie die Bildung der Blumenkronen durch Krabbeln und Stechen von Insekten hervorgebracht worden sein*). Da alle jene Eigenschaften sich durch unübersehbare Reihen von Generationen vererbten, so muß danach die Wirkung der äußeren Einflüsse sich völlig in die inneren Bildungsimpulse einfügen.

Wie Darwin, so empfand auch Nägeli das dringende Bedürfnis, sich über das Wesen der Vererbung eine Vorstellung zu bilden. Er verwirft in eingehender Kritik Darwins Hypothese von der Pangenesis, wonach viele kleine bewegliche Keimchen in den Zellen der Organismen vorhanden sein sollen, die in das Ei eintreten, um auf dieses gleichsam als Bauführer einzuwirken. Er berechnet die Zahl der Zellen eines Lindenbaumes auf 2000 Billionen. Soll bei der Vererbung aus jeder Zelle nur ein einziges Keimchen in ein Pollenkorn eintreten, so würden sie nicht entfernt Platz darin finden können, so daß jene Hypothese ihm schon dadurch absurd erscheint**).

Nägelis eigene Ansichten über Vererbung sind in seiner Theorie vom Idioplasma enthalten, durch die er auch seiner Hypothese von der fortschreitenden Variation und dem Vervollkommnungsprinzipe eine vorstellbare Grundlage zu geben sucht. Ehe ich mich einer Darlegung dieser Idioplasma-Hypothese zuwende, die allerdings nur sehr kurz und fragmentarisch sein kann, möchte ich zuvor eine Äußerung anführen, die zeigt, welchen Wert Nägeli selbst dieser Hypothese zuschreibt***):

*) S. 149.
**) S. 71 ff.
***) S. 81, 82.

Digitized by Google

„Entweder sind die kleinsten Teilchen der Keimsubstanz infolge besonderer und übernatürlicher Begabung die individuellen Träger der Eigenschaften des Ganzen, und dadurch im stande, diese Eigenschaften wieder ins Leben zu rufen, — oder die kleinsten Teilchen sind gewöhnliche Moleküle, die bloß mit ihren natürlichen Kräften und Bewegungen ausgestattet sind, und die einen spezifischen Organismus nur dadurch hervorzubringen vermögen, daß sie der Entwicklung desselben durch ihre besondere Zusammenordnung mit Notwendigkeit eine eigentümliche Bahn anweisen."

Die erste Möglichkeit verwirft Nägeli als metaphysische Spekulation.

„Die zweite Erklärung sucht auf dem Boden der natürlichen Dinge die Entwicklung organisch zu gestalten. Die Idioplasmatheorie macht keinen Anspruch darauf, eine mechanische Erklärung zu geben, denn dazu fehlen noch alle Anhaltspunkte; wohl aber gestattet sie die einzig mögliche Vorstellung, wie die Vererbung und die phylogenetische Veränderung auf natürlichem, somit auf mechanischem Wege erfolgen kann."

Die „einzig mögliche Vorstellung" ist ein stolzes Wort. Sehen wir zu, wie Nägeli diese Verheißung einlöst.

Nägeli hat in seiner langjährigen Beschäftigung mit den Problemen der Vererbung und Entwicklung offenbar unter dem Eindrucke gelitten, daß sein ursprünglich zur Erklärung der Umbildung aufgestelltes Vervollkommnungsprinzip doch nur eine Umschreibung der Tatsachen, ein zusammenfassender Ausdruck, aber nimmermehr eine Ursache sein konnte. Die Lücke in der Vorstellung des Kausalzusammenhanges wurde dadurch nicht geschlossen. Um sie auszufüllen, ersann er das Idioplasma nicht nur als Träger der die Vererbung und Umbildung lenkenden Kräfte, sondern in seinen Eigenschaften als Inbegriff dieser Kräfte selbst.

Was ist nun dies hypothetische Idioplasma?

Nägeli geht davon aus, das Protoplasma sei ein Gemenge fester und gelöster Eiweißstoffe. Die Moleküle dieser Stoffe sind zu größeren Komplexen vereinigt, welche er Mizellen nennt, und jede dieser Mizellen ist von einer Wasserhülle umgeben, wodurch die Quellbarkeit des festen Bestandteils des

Digitized by Google

Protoplasma bedingt wird. Von diesem festen Plasma soll ein Teil Träger der erblichen Anlagen sein, und diesen Teil nennt er Idioplasma.

Obwohl dies Idioplasma sich weder durch das Mikroskop noch durch chemische Reaktionen nachweisen läßt, schreckt Nägelis Phantasie doch nicht davor zurück, den Bau desselben eingehend zu beschreiben und diese Beschreibung durch Abbildungen zu ergänzen. Das Idioplasma bildet danach Fäden, die sich durch das Protoplasma der Zellen hindurchziehen. In diesen Fäden bilden die Mizellen eine größere oder geringere Zahl von Längsreihen, und jede Längsreihe bildet z. B. im Idioplasma des Eies die Anlage für irgend ein Organ. Die Querschnitte der Idioplasmafäden würden daher, wenn man sie sehen könnte, alle jene Anlagen überblicken lassen. Indessen soll nicht jedes Merkmal einer Pflanze oder eines Tieres durch eine besondere Mizellgruppe im Ei vertreten sein, sondern, wie Musik aus den Tönen weniger Saiten entsteht, soll auch aus der Kombination einer geringeren Zahl von Mizellgruppen die Mannigfaltigkeit der Teile des fertigen Organismus hervorgehen. Durch den ganzen Organismus bildet das Idioplasma ein zusammenhängendes Gerüst verzweigter Fäden, von dem dann gewisse Teile in die Keimzellen eintreten. Zugleich vermag das Idioplasma äußere Eindrücke als Reize zu empfinden und wie Nervenfasern durch alle Gewebe hindurch fortzuleiten. Während der Entwicklung und des Wachstums vermehrt sich das Idioplasma, indem es selbst wächst und sich aus dem übrigen Plasma ernährt.

Bei der Entwicklung eines Organismus aus dem Ei kann das Idioplasma um das Millionenfache zunehmen. Dabei aber, wie auch bei der Vermehrung durch Stecklinge, bleiben seine Teile genau in den gleichen Parallelreihen von festem Zusammenhange geordnet, die nur durch die Einlagerung neuer Mizellen wachsen, während die Konfiguration des Querschnitts ungeändert bleibt. Auf letzterer beruht die spezifische Beschaffenheit der Art. Würde in einem Idioplasmafaden die

Digitized by Google

Zahl der Längsreihen von Mizellen sich vermehren oder vermindern, so müßte das eine Abänderung der Art verursachen.

Das Idioplasma jeder Spezies, ja jedes Individuums, ist von dem eines anderen etwas verschieden; einfachere Formen haben ein einfacheres, komplizierte ein komplizierteres Idioplasma. Die Wirkung des Idioplasma auf die übrigen Teile der Zelle wird geradezu mit dem Bildungstriebe der älteren Physiologie identifiziert, sie soll ihren Grund aber lediglich in der physikalischen Bewegung der Mizellen besitzen.

In der Stammesgeschichte der Arten spielt nach Nägeli das Idioplasma eine ganz analoge Rolle wie in der Ontogenie. Das Idioplasma der Urformen war ein einfaches, seine fortschreitende Vervollkommnung hat die fortschreitende Umbildung der Pflanzen und Tiere bewirkt. Dadurch ist das schattenhafte Vervollkommnungsprinzip auf eine materielle chemisch-physikalische Grundlage gestellt. Die Vervollkommnung des Idioplasma besteht aber in der Verstärkung einzelner Mizellreihen und in der Einschiebung neuer Reihen in einen Faden. Somit sind die Eigenschaften der Organismen die notwendige Folge bestimmter materieller Ursachen.

„Die inneren Ursachen, welche die stete Veränderung des Idioplasma und zwar im Sinne einer mannigfaltigeren Gliederung desselben und dementsprechend auch die stete Veränderung der Organismen im Sinne einer zusammengesetzteren Organisation und Funktion bedingen, sind nichts anderes als die der Substanz anhaftenden Molekularkräfte." *)

Während somit die in der Entwicklung der Organismen sich geltend machenden inneren Ursachen, also auch der Vervollkommnungstrieb, auf Molekularkräfte des Idioplasma zurückgeführt werden, wirken äußere Einflüsse als Reize auf dasselbe ein und erzeugen die Anpassungen. Die letzteren treten zuerst als Anlagen in Gestalt besonderer Mizellgruppen im Idioplasma hervor. Wir haben somit schon im Idioplasma

*) S. 116.

Digitized by Google

die spontanen Vervollkommnungsanlagen von den Anpassungsanlagen zu unterscheiden, die dem Idioplasma eines Organismus von außen her aufgedrungen werden. Beiderlei Anlagen gelangen oft erst nach längerem Bestehen dazu, sich in äußeren sichtbaren Eigenschaften der Pflanze oder des Tieres kund zu geben; sie können sogar dauernd latent bleiben. Gelangt eine längere Zeit hindurch latent gewesene Anlage zur Entfaltung, so bewirkt dies eine sprungweise Abänderung der Art; während die Umbildung allmählich fortschreitet, wenn jede Anlage gleich nach der Entstehung sich geltend macht. Wenn sich ein andauernder äußerer Reiz bis zum Aufhören vermindert, so verkleinert sich und schwindet zuletzt die durch solchen Reiz hervorgerufene Mizellgruppe im Idioplasma, und die Folge ist das Schwinden von Organen. Gebrauch oder Nichtgebrauch rufen somit durch ihre Einwirkung auf das Idioplasma die Anpassungsmerkmale hervor und können sie auch wieder verschwinden lassen. Dabei kann durch Korrelation die Auslösung einer Anlage diejenige anderer Anlagen veranlassen oder verhindern. Sehr lange Zeiträume sind für solche Vorgänge erforderlich; was dadurch bewiesen wird, daß die Organismen seit der Eiszeit sich nicht wesentlich verändert haben. Die morphologischen, d. h. die unabhängig von äußeren Reizen entstehenden Umbildungen des Idioplasma können aber nicht rückgängig gemacht werden, und darauf beruht die Notwendigkeit der fortschreitenden, scheinbar zielstrebigen Stammesentwicklung.

Es konnten hier auf knapp zugemessenem Raume nur die wichtigsten Grundgedanken aus Nägelis Theorie hervorgehoben werden, und ich muß jeden, der sich näher für dieselbe interessiert, auf Nägelis umfangreiches Werk verweisen.

Indessen dürften die hier gegebenen Mitteilungen für eine kritische Erörterung einigermaßen ausreichen.

Was zunächst das aus einem Flechtwerk von Fäden bestehende Idioplasma anlangt, so ist dasselbe kurzweg als ein

Digitized by Google

Phantasma, ein Hirngespinst, zu bezeichnen. Wir kennen keine Tatsache, die uns zur Annahme desselben nötigt. Im Gegenteil, die Tatsachen weisen darauf hin, daß diese Hypothese einer zusammenhängenden, eine ganze Pflanze und ein ganzes Tier durchziehenden Substanz, welche der spezifische Träger der Erblichkeit sein soll, ein Fehlgriff war. Denn es kann nicht bezweifelt werden, daß gerade die Zellkerne bei Vererbung der Eigenschaften eine wichtige, wahrscheinlich entscheidende Rolle spielen; die Zellkerne sind aber voneinander scharf abgegrenzte, getrennte und keineswegs zusammenhängende Körper. Die Zellkerne werden in Nägelis Vererbungslehre gar nicht berücksichtigt; er gründet alle seine Ausführungen auf einen rein hypothetischen, erdachten Bestandteil des Protoplasma. Schon dadurch wird das Idioplasma zu einem wissenschaftlichen Kartenhause.

Die Fiktion des Idioplasma erscheint aber auch völlig entbehrlich. Denn wenn die Veränderungen, die eine Pflanze in der Ontogenie durchmacht, durch innere Veränderungen des Idioplasma veranlaßt werden sollen, wenn die wesentlichen, fortschreitenden Abänderungen der Arten in der Stammesgeschichte auf Umlagerungen im Idioplasma „aus inneren Ursachen" beruhen sollen, so fragt man vergeblich: Welche Ursachen bewirken denn diese Umordnung der Mizelle in den Idioplasmafäden? Und wenn die geänderten Mizellgruppen geänderte Organe, andere Blätter, Blüten, Früchte u. s. w., hervorbringen, so fragt man verwundert: Wie wirken denn die Mizellen und ihre physikalischen Kräfte als Baumeister oder Werkführer der Zellenanordnung? Können Molekularkräfte, wie sie doch auch in den leblosen Stoffen herrschen, etwas Zweckmäßiges erzeugen? Können Klaviersaiten ein harmonisches Musikstück hervorbringen, ohne daß sie von einem intelligenten Spieler zum Tönen gebracht werden? Kommt man da nicht genau so weit, wenn man nur von Zellen spricht, in denen Anlagen ruhen, und statt des Idioplasma den als dynamisches Prinzip gedachten Bildungstrieb

Digitized by Google

des alten Blumenbach beibehält? Wird durch Annahme des Idioplasma das Rätsel der Vererbung und Entwicklung auch nur um einen Schritt gefördert? Nägeli selbst vergleicht das ganze Idioplasma mit einem Klavierspieler, seine einzelnen Mizellreihen mit Saiten, die angeschlagen werden (S. 44); liegt darin nicht eine unfreiwillige Selbstkritik seiner Theorie? „Das Idioplasma lenkt die komplizierte Entwicklungsmaschine; es ist zugleich ihr kunstvoll konstruiertes Räderwerk" (S. 114). Das wäre also ein Musikinstrument, welches sich selbst spielt, ein Fahrrad, welches sich selbst spazieren fährt.

Im Vordergrunde von Nägelis Erörterungen hätte meines Erachtens auf die Tatsache hingewiesen werden sollen, daß die Zellen Maschinentätigkeit zeigen und daher Maschinenstruktur besitzen müssen; statt dessen sucht er die Rätsel der Vererbung durch eine hypothetische Molekularstruktur des Protoplasma zu lösen. Eine solche Erklärung hat doch schließlich keine andere Bedeutung, als daß z. B. die Herstellung einer Geige nur möglich ist, wenn Holz und Saiten eine bestimmte Molekularstruktur besitzen; allein diese Molekularstruktur des Materials kann niemals aus sich eine Geige hervorbringen, wollte man auch noch so lange darauf warten.

Selbst wenn man zugeben wollte: so wie Nägeli es darstellt, könnte man sich die Sache allenfalls denken, bliebe doch die große Frage bestehen, ob diese Vorstellung richtig ist. Und daß die Annahme von immer zusammenhängenden Idioplasmafäden höchstwahrscheinlich der Wahrheit nicht entspricht, wird dadurch nahegelegt, daß die Fäden des Zellkerns bei der Zellteilung, in der sich die Vererbung vollzieht, durch Quer- und Längsteilung in zahlreiche Stücke zerfallen, so daß gerade bei der Vererbung der Zusammenhang dieser Fäden vielfach unterbrochen wird.

Statt des Idioplasma und seiner angeblichen Wirkungen vermag ich daher im Stoffgemisch der Zelle nur eigenartige, zielstrebige Bewegungsrichtungen anzuerkennen; und ich glaube,

Digitized by Google

wenn wir an einer Blume unter der Hand des Gärtners Farbenänderung oder Füllung auftreten sehen, so ist die Zurückführung solcher Abänderungen auf eine Störung des morphologischen Gleichgewichts ebensosehr und ebensowenig eine Erklärung wie die Ableitung aus neuen Mizellarreihen im Idioplasma; nur daß die erstere Erklärung der Natur weniger Gewalt antut als die letztere. Sollten aber die in der Entwicklung hervortretenden Dominanten an die materielle Grundlage eines Idioplasma gebunden sein, so würde die immanente Intelligenz, ohne deren Mitwirkung nach meinem Dafürhalten jede Entwicklung unverständlich bleibt, dadurch nicht die geringste Abminderung erfahren.

In Erwägung aller dieser Umstände möchte ich glauben, daß Nägeli ebensoviel erreichte, wenn er bei seiner Annahme eines Vervollkommnungstriebes für die Entstehung höher organisierter Arten aus einfacheren stehen blieb, als wenn er diese Theorie durch die Hypothese des Idioplasma scheinbar zu vervollständigen sucht.

Doch auch wenn wir vom Idioplasma absehen, wird die Kritik durch Nägelis Anschauungen mehrfach herausgefordert. Einer ihrer schwächsten Punkte ist die Unterscheidung zwischen morphologischen und zwischen Anpassungsmerkmalen. Unter ersteren versteht Nägeli die Organisation und Arbeitsteilung „im allgemeinen" (S. 138), und sie soll lediglich von den inneren Veränderungen abhängen, während die Anpassungen durch unmittelbaren Einfluß der Außenwelt hervorgebracht werden. Aber da frage ich: Ist denn in der allgemeinen Organisation und Arbeitsteilung nicht auch schon ein gutes Stück Anpassung enthalten, z. B. in der Ausscheidung einer Zellwand, in der Bildung von Stengel, Blatt und Wurzel? Wo bleibt dann der Unterschied zwischen morphologischen und zwischen Anpassungsorganen? Ist die Wurzel, ist die Blumenkrone ein morphologisches oder ein Anpassungsorgan? Ich möchte glauben, daß sie in Nägelis Sinne beides zugleich sind. Nägeli erklärt für „morphologisch" jene Merkmale

Digitized by Google

der Pflanzen, die von der Systematik zur Unterscheidung der großen Gruppen benutzt werden, ohne daß eine besondere Anpassung an ihnen hervortritt. Dann aber muß man auch konsequent sein und alle biologisch bedeutungslosen Teile für „morphologische" Merkmale erklären. Wer aber sagt uns, daß solche Teile, die uns zwecklos erscheinen, nicht im Laufe der Stammesgeschichte durch äußere Einflüsse hervorgebracht oder durch Anpassung erworben sind, wie Darwin dies annimmt. Es dürfte Nägeli schwerlich gelingen, die sich ausschließende Gegenüberstellung jener beiden Gruppen von Merkmalen durch eine scharfe Definition zu rechtfertigen; und die Zurückführung der morphologischen Charaktere auf innere, der Anpassungscharaktere auf äußere Einflüsse bleibt ein unbewiesener und darum willkürlicher Schematismus. Auch die Behauptung, daß die Pflanze auf äußere Eingriffe stets zweckmäßig reagiere, was wiederum in der molekularen Beschaffenheit des Idioplasma seinen Grund haben soll, läßt sich für viele Fälle nicht aufrecht erhalten. Was nützen der Pflanze die durch den Stich der Gallwespen hervorgebrachten Wucherungen? Da wir keinen Nutzen derselben nachweisen können, sind es morphologische Merkmale, und doch entstanden sie nachweislich durch eine Reaktion auf äußere Reizung. In Wirklichkeit liegt die Sache doch wohl so, daß der Organismus durch seine Dominanten im allgemeinen zu zweckmäßigen Reaktionen auf die Außenwelt disponiert ist, daß aber gewisse Reizungen, z. B. Insektenstiche, in diesen Dominanten nicht vorgesehen sind, und daß es somit zu chemischen Reizwirkungen kommt, die aus dem Rahmen zweckmäßiger, d. h. für die Pflanze selbst nützlicher Reaktionen herausfallen.

Wenn Nägeli zur Erklärung der Entwicklung vollkommener Organismen aus unvollkommenen eine in bestimmten Richtungen fortschreitende Umbildung fordert, so ist ihm nur beizupflichten. Wenn er aber als Ursache dieser fortschreitenden Entwicklung ein von innen heraus wirkendes Vervollkommnungsprinzip setzt, so ist dies, wie schon bemerkt,

Digitized by Google

eine Umschreibung der Tatsachen, mit der wir wenig gewinnen. Um uns darüber klar zu werden, brauchen wir ein solches Vervollkommnungsprinzip nur auf die Ontogenie, die Entwicklung des Individuums, zu übertragen; wer würde dadurch befriedigt werden, wenn man die Entwicklung einer Taube aus dem Ei dadurch verständlicher machen wollte, daß man sagte, der Eizelle wohne ein Vervollkommnungsprinzip inne, das zur Bildung einer Taube führt? Sucht aber Nägeli gar dies Prinzip auf materielle Eigenschaften der Zellsubstanzen zurückzuführen, wie in seiner Idioplasmahypothese geschieht, so gerät er vollends in eine Sackgasse. Ich kann es mir nicht versagen, eine Äußerung Königs im Wortlaut hierherzusetzen, die mutatis mutandis auf diese Auffassung angewendet werden kann:*)

„Könnte wohl in Betreff der Erschaffung von Industrismen der fördernde Einfluß der Intelligenz durch irgend etwas anderes ersetzt werden? Ein Phantast, ein Dichter möchte ausdenken, in einer Tischlerwerkstatt hätten die Bretter das Bestreben, sich in Schränke, Tische, Stühle und Bänke zu verwandeln, oder auf einem Webstuhle hätten die Fäden das Bestreben, zu Leinwand durcheinanderzukriechen, oder in einer Mühle hätte das Getreide einen unwiderstehlichen Trieb, zu Mehl zu werden. In vielleicht besonders geistreicher Weise könnte man zur Erklärung aller Erscheinungen auf dem industriellen Gebiet der Natur, dem Stoff ein Bestreben, dem Menschen zu dienen, unterschieben. Denn der erklärenden Kraft dieser Hypothese würden sich nur wenige der betreffenden Erscheinungen entziehen. Indessen, mit solchen törichten Philosophemen brauche ich mich wohl nicht aufzuhalten und kann die Antwort auf obige Frage kurz dahin zusammenfassen, daß sicher ohne Intelligenz auch kein Industrismus und kein Fortschritt von Industrismen existieren würde."

Warum ein dem Organismus innewohnendes Vervollkommnungsprinzip weniger übernatürlich sein soll als eine die Entwicklungsrichtung bestimmende immanente Intelligenz, vermag ich nicht einzusehen. Allein, solche von der des menschlichen Gehirns verschiedene und in die Organismen hinein-

*) l. c. S. 144.

Digitized by Google

gelegte Intelligenz findet ebensowenig wie die Zweckmäßigkeit einen Platz in dem Gedankenbau Nägelis.

Wenn Nägeli das Wesen der Organisation in der quellbaren Molekularstruktur der Zellsubstanzen sucht, so verkennt er dabei die Maschinenstruktur der Zelle, die wir aus ihren Arbeitsleistungen direkt erschließen, während wir über die Molekularstruktur quellbarer Stoffe nur durch die Tätigkeit der Phantasie uns ein Bild machen können. Die Maschinenstruktur bildet aber das eigentliche Wesen der Organisation; die Beschaffenheit des Materials, aus dem die Zelle sich aufbaut, ist dafür nicht ausreichend. Die inneren Ursachen, welche die Richtung der Entwicklung bestimmen, sind schwerlich Molekularkräfte, sondern es sind Dominanten in der früher erläuterten Bedeutung dieses Wortes.

Wie scharfsinnig Nägelis Hypothese des Idioplasma im einzelnen auch sein mag, so geht sie doch über das Maß hinaus, welches Dichtungen über den anatomischen Aufbau des Protoplasma in der gegenwärtigen Phase unseres Wissens eingeräumt werden darf. Und an dieser Klippe mußte sie scheitern. Warnend erhebt Goethe den Finger, wenn er spricht:

Eure Hand
Bricht unreif nie die goldnen Himmelsfrüchte;
Und wehe dem, der ungeduldig sie
Ertrotzend saure Speise sich zum Tod
Genießt.

Digitized by Google

Kapitel 32.

Weismanns Ansichten.

Die Arbeiten Weismanns über Vererbung und Abstammung bilden eine umfangreiche Literatur.*) Weismann hat im Laufe der Zeit viele Wandlungen seiner Anschauungen durchgemacht und dürfte kaum mit diesen Wandlungen abgeschlossen haben. Indem ich dies hervorhebe, will ich keineswegs einen Vorwurf aussprechen, im Gegenteil. Bei Weismann berührt überaus sympathisch sein durch ein Menschenalter fortgesetztes Ringen nach Erkenntnis der Vorgänge des Lebens, sein unermüdlicher Kampf um die Wahrheit. Mag ihm dieselbe zuletzt auch zwischen den Fingern zerrinnen — nach meinem Dafürhalten deshalb, weil er tiefgewurzelte Vorurteile nicht preiszugeben vermag — so finden wir niemals, daß er eine Ansicht um jeden Preis verteidigen zu müssen glaubt, weil er sie einmal ausgesprochen hat; sondern wenn er eine Stellung als unhaltbar erkannte, gibt er sie auf, um eine andere zu wählen und sich in dieser bis an die Zähne zu verschanzen.

Es ist unmöglich, im Rahmen dieses Buches auch nur einen Überblick über Weismanns Ansichten in ihrer historischen

*) Ich nenne daraus nur: Über die Berechtigung der Darwinschen Theorie, 1868; Studien zur Deszendenztheorie, 1875; Das Keimplasma, 1892; Die Allmacht der Naturzüchtung, 1893; Äußere Einflüsse als Entwicklungsreize, 1894; Neue Gedanken zur Vererbungsfrage, 1895; Über Germinalselektion, 1896.

Digitized by Google

Folge zu geben. Ich habe mich auf wenige Andeutungen zu beschränken, die sich vorzugsweise auf seine neuesten Veröffentlichungen beziehen, weil sie das Ergebnis jener geistigen Häutungen sind.

Weismann hat sich wie Nägeli ebenso eingehend mit dem Probleme der Vererbung in der individuellen Entwicklung wie mit spekulativen Betrachtungen über die Ursachen der Arten beschäftigt. Halten wir beides zunächst auseinander.

Weismann geht von der Voraussetzung aus, daß nur ein Teil des Körpers der männlichen und weiblichen Keimzellen Träger der Vererbung ist, und nennt diesen Teil das Keimplasma. Unter Vermeidung des von Nägeli in seiner hypothetischen Konstruktion des Idioplasma begangenen Fehlers verlegt Weismann das Keimplasma in die festen, organisierten Teile des Zellkerns. Diesem Keimplasma schreibt er einen überaus verwickelten Bau zu, und er läßt seiner Phantasie freies Spiel, um von dieser, jenseits des mikroskopisch und chemisch Erkennbaren liegenden Struktur sich eine Vorstellung zu bilden.

Im Anschluß an Darwins Pangenesis löst Weismann sein Keimplasma auf in eine ungeheure Zahl kleiner Keimchen, deren jeder Träger eines besonderen erblichen Merkmales ist; er unterscheidet dabei Keimchen von drei verschiedenen Ordnungen. Die einfachsten derselben nennt er Biophoren. Es sind die kleinsten Stoffeinheiten, an denen das Leben haftet, die Träger der verschiedenen Eigenschaften der Zellen. Sie ernähren sich aus dem Protoplasma, sie wachsen und sie vermehren sich durch Teilung.

Die Biophoren sind zu Gruppen oder „Paketen" verbunden, welche Determinanten genannt werden. Diese sind also Einheiten zweiter Ordnung und umfassen Biophoren verschiedener Art. Auch sie sind teilbar. Für jede Zelle des Organismus findet sich eine Determinante im Ei. Ganz gleiche Zellen sind nur durch eine Determinante vertreten, die sich dann später so viele Male teilt, als übereinstimmende

Digitized by Google

Zellen vorkommen. Die Determinanten sind wiederum in geordnete Haufen vereinigt, die Keimchen dritter Ordnung, denen der Name Ide beigelegt wird. Auch die Ide wachsen und teilen sich; sie sind maßgebend für die Gestalt des ganzen Organismus. Die Fortpflanzung wird eingeleitet durch Teilung von Iden. Das ganze Keimplasma besteht somit in einer komplizierten Ineinanderschachtelung von Biophoren, Determinanten und Iden.

Wie Nägelis Idioplasma sind auch die Biophoren u. s. w. eine reine Schöpfung der Phantasie. Weismann hält ihre Annahme jedoch für eine logische Notwendigkeit. Demgegenüber wird man, sobald man von der Maschinenstruktur der Zelle ausgeht, die Frage aufwerfen: Besteht etwa eine logische Notwendigkeit, daß eine Taschenuhr aus anderen Einheiten als den Metallstücken besteht und höchstens den diese Metallstücke zusammensetzenden Atomen.

Weismanns Biophoren u. s. w. als körperliche Systeme haben meines Dafürhaltens schon darum die größte Unwahrscheinlichkeit gegen sich, weil sie nicht durch Beobachtung, sondern nur durch die Phantasie gefunden sind. In diesem Falle haben wir es aber mit Objekten zu tun, für deren Feststellung das Nachdenken allein nicht hinreicht; wäre dasselbe, welches bei hinreichender Erfahrungsgrundlage als Forschungsmittel unerläßlich ist, hier anwendbar und zulässig, wir gerieten damit in die Bahnen der Naturphilosophie der ersten Hälfte des Jahrhunderts. Oder glaubt jemand, daß die Vorgänge der Kernmitose sich auch durch Nachdenken hätten finden lassen? Daß man durch Nachdenken den Bau der Zelle hätte enträtseln können, wie das Mikroskop ihn uns gezeigt hat, oder die chemische Zusammensetzung des Protoplasma? Die Biophoren und Ide sind in die Keimzellen wirklich nur hineingetragen, sie verkörpern lediglich den Wunsch, eine „materielle" Grundlage der Vererbung zu finden.

Allein, ich glaube, daß jene Fiktionen einem solchen Wunsche recht wenig genügen. Hält man für den Aufbau des Zellen-

Digitized by Google

gewebes einer Pflanze oder eines Tieres nicht nur die chemischen Moleküle, sondern noch organisierte Einheiten dreier verschiedener Stufen für erforderlich, was will man dagegen einwenden, wenn einem anderen die Annahme von nicht drei, sondern zwanzig solcher Grade von Einheiten notwendig erscheint? Daß man sich die Biophoren und Ide kleiner denkt als die Zellen, nützt zur Lösung des Problems doch auch nicht mehr, als wenn man meint, die Bakterien könnten leichter als andere Zellen durch Urzeugung entstehen, weil sie so klein sind.

Andere Bedenken sind noch erheblicher. Die Biophoren sind Steine, die sich selbst zu einem Hause aufbauen, es sind Billardkugeln, die automatisch eine Partie spielen. Wann und wodurch werden sie denn in Bewegung gesetzt, um ihre planvolle und zweckmäßige Arbeit zu verrichten? Doch nicht etwa durch die ihnen innewohnenden Molekularkräfte? Ich zweifle keinen Augenblick daran, daß diese ebenso unzulänglich sind wie die energetischen Kräfte der Ziegelsteine für den Bau eines Hauses. Die Biophoren ordnen sich doch genau nach einem durch die Vererbung gegebenen Bauplane — können sie das ohne Baumeister tun? Ich gelange unausweichlich zu der Alternative, daß die Biophoren und Ide, um ihren richtigen Weg zu machen, entweder selbst vernunftbegabt sein müssen oder wie die Ziegel und die Billardkugeln von vernünftig wirkenden, dem Organismus immanenten Dominanten gelenkt werden müssen. Je komplizierter Weismanns System der Biophoren u. s. w. ist, um so mehr ist zu befürchten, daß diese ohne Mitwirkung einer leitenden Intelligenz lauter Unsinn vollbringen würden. Nehmen wir aber die Mitwirkung solcher Intelligenz in Anspruch, so werden die Biophoren und ihre Verbände überflüssig; dann genügt die Annahme chemischer Moleküle für die Erklärung der Entwicklungsvorgänge. Endlich müssen wir doch auch fragen, durch was für Kräfte die Biophoren u. s. w. gebildet werden; etwa durch die allgemeinen physikalisch-chemischen Energien? Ich

Digitized by Google

muß bekennen, daß meine Phantasie einer solchen Vorstellung nicht gewachsen sein würde.

Wie Nägeli hat auch Weismann seine Spekulationen über Vererbung von der Ontogenie auf die Phylogenie übertragen. Er geht davon aus, daß zwischen beiden Entwicklungsvorgängen Analogie besteht. Er betont, daß nur solche Eigenschaften durch die Fortpflanzung sich erhalten, deren Anlage bereits in der Keimzelle enthalten ist. Darum müssen alle phylogenetischen Abänderungen im Keimplasma ihren Ursprung nehmen. Die Molekularstruktur der Biophoren u. s. w. ist hierfür maßgebend. Deshalb bestreitet Weismann prinzipiell die Möglichkeit der Vererbung erworbener Eigenschaften, weil nach seiner Auffassung das Keimplasma eines Organismus vom Keimplasma der elterlichen Organismen unmittelbar abstammt. „Erbliche Variationen beruhen auf Variationen des Keimplasma, diejenigen eines bestimmten Teils auf Variationen der Determinanten dieses Teils." Dagegen soll eine während des Lebens eintretende Abänderung der Gestalt des ganzen Individuums sich auf die Keimzellen nicht übertragen können. Die Keimesänderung ist immer das ursprüngliche Moment, sie zieht die Abänderung des fertigen Körpers erst nach sich.

Aus seiner Leugnung der Vererbung erworbener Eigenschaften ist Weismann ein langwieriger Streit mit Herbert Spencer erwachsen, auf den hier nur hingewiesen sein möge. Dagegen gesteht Weismann äußeren Einflüssen die Fähigkeit zu, als Entwicklungsreize zu wirken, wenn auch in untergeordneter Weise. Sie sollen die Auslösung von Keimesanlagen veranlassen können, d. h. entscheiden, welche der vorhandenen Anlagen zur Entwicklung gelangt.

Denn das für Weismann in allen wesentlichen Stücken allein maßgebende Prinzip ist die Selektion; er war es, der das Wort von der Allmacht der Naturzüchtung fallen ließ. Er geht in dieser Hinsicht, mit dieser Einseitigkeit der Erklärung der Umbildung weit über Darwin hinaus.

Weismann nimmt an, daß die Variation, welche

Digitized by Google

schließlich zur Umprägung der Arten führt, nur in ganz kleinen und zwar quantitativen Abänderungen besteht, die er Plus- und Minusvariation nennt. So kann z. B. die Halslänge eines Tieres nur in dem Sinne variieren, daß sie größer oder kleiner wird. Die Selektion denkt er sich nicht nur wirksam, um die Plusvariation zu fördern, sondern auch, um die fertig gewordenen Organe zu erhalten. Wo wir also konstant bleibende Formen beobachten, da sind diese nach Weismann ein Zeichen, daß sie fortdauernder Selektion unterliegen.

Wenn daher die Selektion wegfällt, so müssen nach Weismann die Organe verkümmern. Dies tritt ein, sobald nützliche und schädliche Variationen durch Kreuzung sich vermischen, was Weismann Panmixie nennt, weil hierbei nach seiner Ansicht die Minusvariationen überwiegen. Die chlorophyllosen Humusbewohner und Parasiten unter den Blütenpflanzen müßten danach also durch Panmixie entstanden sein.

Dieser Lehre von der Panmixie gegenüber hat Wolff*) darauf hingewiesen, daß doch die Chance des Auftretens günstiger und ungünstiger Variation an sich gleich groß sei, und daß bei Annahme der Panmixie die Wirksamkeit der Selektion gleich Null werden müsse. Denn während an einem Tiere ein einzelnes Organ vorteilhafter Selektion unterliegt, stehen alle übrigen Organe unter der Herrschaft der Panmixie, müssen sich also zurückbilden. Sobald die Selektion aber ein zweites Organ fördert, muß sich das erste durch Panmixie wieder zurückbilden, kurz, der ganze Organismus käme nicht nur nicht vom Fleck, sondern würde nach und nach immer unvollkommener werden.

Die Alleinherrschaft der Selektion ist aber Weismann vor allem darum so wertvoll, weil er glaubt, mit ihrer Hilfe eine völlig befriedigende Erklärung der Zweckmäßigkeit der

*) Biolog. Zentralblatt IX, S. 330.

Digitized by Google

Organismen geben oder vielmehr den ihm unbequemen Zweckbegriff aus der organischen Natur mit Stumpf und Stiel ausrotten zu können. Hören wir in dieser fundamentalen Frage seine eigenen Worte:*)

„Alles ist zweckmäßig in der lebenden Natur und ist es vom ersten Anfang des Lebens an so gewesen, denn Zweckmäßigkeit der Organisation ist hier gleich Existenzfähigkeit, und existenzfähig sind eben die allein gewesen, welche dauernd existiert haben. — Wir kennen nur ein natürliches Erklärungsprinzip für diese Tatsache, das der Selektion, der Auslese des Existenzfähigen aus dem Entstehungsfähigen. Gibt es überhaupt eine Lösung des von früheren Geschlechtern für unlösbar gehaltenen Rätsels der Zweckmäßigkeit, dann kann sie nur mittels dieses Prinzips der Selbstregulierung des Entstehenden erreicht werden, und wir sollten deshalb nicht bei den ersten Schwierigkeiten, die sich seiner Anwendung entgegenstellen, die Flinte ins Korn werfen, sondern zusehen, ob die scheinbaren Mängel dieses einzigen Erklärungsprinzips nicht in der Unvollkommenheit unserer Anwendung desselben ihren Grund haben."

An anderer Stelle tut Weismann noch die folgende Äußerung:**)

„Eine zwecktätige Kraft unter die Entwicklungsursachen aufzunehmen, wird dem Naturforscher niemals gestattet sein, weil er damit die Voraussetzung seines Forschens preisgäbe: die Begreiflichkeit der Natur."

Weismann ist von der Unentbehrlichkeit des Selektionsprinzips so sehr überzeugt, „daß mir sein Zusammenbruch gleichbedeutend zu sein schiene mit dem Aufgeben jeder Forschung über den kausalen Zusammenhang der Erscheinungen auf dem Gebiete des Lebens." — „Zwecktätige Prinzipien sind das Ende der Wissenschaft." (Germinalselektion, Vorwort, S. X. u. XI).

Indessen hat sich Weismann bei gewissenhafter Berücksichtigung der an der Selektionslehre geübten Kritik der Wahrheit nicht verschließen können, daß das Selektionsprinzip

*) Germinalselektion S. 61.

**) Neue Gedanken S. 71.

Digitized by Google

in seiner bisherigen Form unzulänglich ist, sowohl die Umbildung als auch die Zweckmäßigkeit der Organismen befriedigend zu erklären, und dies spornte ihn an, eine Ergänzung der Lehre zu finden; ein solcher Versuch ist ausgeführt worden in seiner neuesten Schrift über Germinalselektion. Auf diese Arbeit müssen wir daher etwas näher eingehen.

Dieselbe ist zunächst wertvoll durch das rückhaltlose, mehrfach wiederholte Eingeständnis, daß die durch den Kampf um das Dasein ausgeübte Naturzüchtung bei zufälliger Variation als Erklärungsprinzip nicht ausreiche, daß diesem Prinzip etwas fehle, daß es einer Ergänzung bedürfe. Eine solche Ergänzung hat zu berücksichtigen, daß die zweckmäßigen Anpassungen unmöglich durch eine zufällige und regellose Variation hervorgerufen werden können, daß man ohne die Annahme einer bestimmt gerichteten, also zielstrebigen und nützlich wirkenden Variation nicht auskomme, und daß für die fortschreitenden Umbildungen, wie die Natur sie zeigt, die Annahme einer Variationstendenz nach Plus, für die Beseitigung überflüssiger Einrichtungen eine Variationstendenz nach Minus angenommen werden müsse. Damit stellt sich Weismann auf jene Grundlage, die vor ihm auch Nägeli und Askenasy bereits unabweislich erschienen war. Er ist jetzt so sehr davon durchdrungen, daß alle Variation von Anfang an nicht zufällig, sondern nützlich gewesen sein müsse, daß er auch für die chemische Zusammensetzung der Organismen nützliche Variation annimmt. (S. 67).

Die Ursache jener nützlichen und zielstrebigen Abänderungen glaubt Weismann in einem neuen Prinzipe gefunden zu haben, welches er Germinalselektion nennt.

Diese Germinalselektion soll nun alles leisten, was man nur wünschen kann. Sie soll nicht nur die bestimmt gerichtete und nützlich wirkende Variation als erklärlich, ja notwendig erscheinen lassen und damit den Zufall fortschaffen, sondern sie soll auch alle gegen den Darwinismus mit Grund erhobenen Einwürfe beseitigen (S. 57), also beispielsweise das gleich-

Digitized by Google

zeitige und gleichsinnige Variieren mehrerer Teile erklären, sie soll endlich auch jenen Erscheinungen zu Grunde liegen, für welche Spencer Vererbung erworbener Eigenschaften annimmt. Kurz, sie bildet den Rettungsanker der Selektionslehre, deren Geltung ohne sie als verloren angesehen werden müßte.

Sehen wir uns die Hypothese selbst etwas näher an, ohne die das nunmehr auch von Weismann zugestandene und geforderte zweckmäßig vorschreitende Abändern der Tiere und Pflanzen durch Selektion nicht erklärbar sein würde.

Weismann proklamiert als die unerläßliche Voraussetzung eines jeden Erklärungsversuches die Annahme, „daß die Anfangsstufen aller tatsächlich stattgehabten Anpassungen Selektionswert hatten," d. h. dem Organismus bereits irgend welchen Vorteil gewährten, und im Zusammenhange damit heißt es: „Der Grad der Zweckmäßigkeit selbst, den ein Teil besitzt, ruft dessen Variationsrichtung hervor." (S. 55).

Das Vorwalten der Variation nach Plus, d. h. in der Richtung gesteigerter Zweckmäßigkeit, wird nun darauf zurückgeführt, daß nicht nur die ganzen Organismen, sondern auch die Einheiten des Keimplasma von den Iden bis zu den Biophoren — „jenen dem Auge zwar nicht sichtbaren, wohl aber dem Verstand mit derselben Sicherheit erschließbaren Elementen, als wenn sie sichtbar wären" (S. 40) — miteinander kämpfen sollen um die Nahrung, den Vorrang u. s. w., und aus diesem Kampfe der Keimchen verschiedener Ordnung soll sich eine Selektion entwickeln, welche im Keimplasma die Tendenz zur zweckmäßigen Abänderung entstehen läßt.

Wie durch den Kampf der Einheiten des Keimplasma miteinander diese zauberhafte Selektionswirkung entstehen soll, ist mit wenigen Worten schwierig wiederzugeben und mag darum in der Abhandlung selbst nachgelesen werden. Hier sei nur in Kürze hervorgehoben, daß die Keimchen, indem sie wachsen und sich vermehren, auch ihrerseits nach Plus oder nach Minus variieren sollen. Dabei tritt Selektion zwischen

Digitized by Google

ihnen auf, durch welche die stärkeren Anlagen stärker, die schwächeren schwächer werden; daraus soll sich eine Abänderung der Keimchen in der Richtung zum Besseren ergeben, die sich wiederum auf die Entwicklung der ganzen Organismen überträgt und sich auf deren Nachkommen vererbt. In letzteren wiederholt sich der gleiche Vorgang, so daß es zu einer Häufung nützlicher Anlagen und zur Bildung einer Entwicklungstendenz in der Richtung des Zweckmäßigen kommt.

Gustav Wolff, der unerbittliche Kritiker des Darwinismus, hat gegen dies System von Hypothesen neben anderen Einwänden besonders den geltend gemacht,*) daß für einen Kampf der Keimchen die wichtigste Voraussetzung fehlt, welche von Darwin zur Grundlage der Selektion gemacht worden ist, nämlich das Moment der Überproduktion; denn alle notwendigen Teile des Organismus sollen im Keimplasma ja nur einmal durch Keimchen vertreten sein. Dadurch wird jeder Selektionsprozeß zwischen den Keimchen einer Art — und darum handelt es sich — zu einem Dinge der Unmöglichkeit.

Wolffs Kritik, auf die hier verwiesen sein möge, gipfelt schließlich in dem Ausrufe:

„Wenn der Darwinismus dieser Stütze bedarf, dann ist er verloren. Wir können behaupten, Weismanns Versuch einer mechanischen Erklärung zweckmäßiger Variierung ist vollständig mißlungen; und da jetzt die Annahme zweckmäßiger Variierung selbst von Weismann als notwendig zugestanden wird, und hiermit die Selektionstheorie einfach aufgehoben ist, so dürfen wir wohl die Hoffnung hegen, der endgültigen Beseitigung des Darwinismus entgegenzugehen."

Ich meinerseits verzichte auf jede weitere Diskussion einer Selektion unter den Biophoren u. s. w., weil ich der Meinung bin, daß diese Keimchen selbst völlig aus der Luft gegriffen sind, und daß man mit dem Protoplasma und seinen chemischen Bestandteilen beziehungsweise der färbbaren und mikroskopisch

*) Der gegenwärtige Stand des Darwinismus S. 24 ff.

Digitized by Google

erkennbaren Substanz der Zellkerne ausreicht. Das Rätsel wird dadurch seiner Lösung nicht näher geführt, daß man die lebende Substanz in hypothetische Gebilde von solcher Kleinheit zerlegt, daß sich dieselben nicht nachweisen lassen.

Weismanns Germinalselektion ist der Nachsommer seines Darwinismus, nach ihr dürfte die Winterruhe kommen. Ein Hirngespinst nach dem anderen sehen wir durch die Luft fliegen; wer aber nicht etwa vorher schon von der Allmacht der Naturzüchtung überzeugt war, dürfte kaum geneigt sein, nach diesen Fäden zu greifen. Die Beweiskraft jenes letzten, von Weismann zur Rettung des Einflusses der Selektion unternommenen Versuches ist doch allzu gering, um einen Zweifler überzeugen zu können.

Weismann kämpft um die Wahrheit. Das beweist er durch den Mut, mit dem er in seinen letzten Schriften die Unzulänglichkeit der Darwinschen Selektion zugibt, die er früher für allmächtig hielt. Ich kann darum auch der Hoffnung nicht entsagen, daß er dereinst noch den Mut finden wird, mit jenen Vorurteilen zu brechen, die ihn jetzt treiben, von einem Strohhalm zum anderen zu greifen. Psychologisch erklärlich ist mir Weismanns Hypothese der Germinalselektion nur aus seiner Flucht vor den Konsequenzen, die ich in diesem Buche aus den Tatsachen gezogen habe; denn nicht nur die Lenkung der Biophoren, sondern schon ihre Entstehung aus den chemischen Bestandteilen zwingt uns zur Annahme von Kräften zweiter Hand. Sagt Weismann doch selbst (Vererbungsfrage S. 71): wenn wir seine Erklärung, „die einzige, welche bis jetzt gegeben werden konnte" nicht annähmen, so bliebe nur die Annahme „des Eingreifens einer zwecktätigen Kraft." Eine solche Annahme soll aber dem Naturforscher nicht gestattet sein, „weil er damit die Voraussetzung seines Forschens preisgäbe," d. h. mit anderen Worten: weil er damit eingewurzelten Vorurteilen entsagen müßte. Es ist jenes Vorurteil, welches meint, daß wir bei Zulassung einer Weltvernunft gut täten, die Naturforschung aufzugeben, weil

Digitized by Google

wir dann von vornherein wüßten, daß nicht Gesetze, sondern Willkür die Welt regiere. Als ob nicht auch die Anhänger der Weltvernunft davon überzeugt wären, daß jene, aus den Tatsachen erschlossene Macht lediglich durch die Naturgesetze wirke und schaffe und niemals aus deren Rahmen heraustrete, ganz wie der Mensch, der eine Dampfmaschine oder ein Telephon baut und handhabt.

Darüber aber sollte sich Weismann keiner Täuschung hingeben, daß, auch wenn es gelingen sollte, alle Naturforscher von der Notwendigkeit der Annahme einer kosmischen Intelligenz als letzter Ursache des Daseins der Organismen zu überzeugen, damit kein Stillstand in der Forschung herbeigeführt werden wird. Der Chemiker wird nach wie vor Analysen und Synthesen ausführen und Formeln konstruieren, der Physiker nicht im mindesten dadurch im Fortschritt auf seinen Bahnen aufgehalten werden; und der Physiologe wird auch dann die äußeren von den inneren Entwicklungsbedingungen trennen und letztere soviel wie möglich auf chemische und physikalische Vorgänge zurückzuführen trachten. Kurz, in der Methode der Naturforschung wird sich damit nicht das allergeringste ändern.

Digitized by Google

Kapitel 33.

Eigene Vorstellungen.

Wenn meine Darlegung der wichtigsten Lehrmeinungen über die Stammesgeschichte (Phylogenie) der Organismen bei jedem einzelnen Kapitel in eine mehr oder weniger ablehnende Kritik ausklang, so ist man berechtigt, zu fragen, welche Stellung ich selbst jenen Problemen gegenüber einnehme. Ich bin bereit, den Fragern Rede zu stehen; nur fürchte ich, daß meine Antwort dieselben wenig befriedigen wird. Denn ich gestehe es offen: ein lösendes Zauberwort für die gewaltigen Rätsel der Mannigfaltigkeit der Pflanzen und Tiere vermag ich nicht zu bieten, und eine gewisse Resignation der Stimmung wird dem Leser in meiner Darlegung nicht entgehen.

Der gemeinsame Fehler, welcher jeder einzelnen der geschilderten Lehren innewohnt, ist meines Erachtens ihr Radikalismus. Ich verstehe darunter das Bestreben, einseitig, aus einem einzigen Prinzipe heraus, das Problem der Mannigfaltigkeit lösen zu wollen. Man hat die Tragweite der einzelnen „Prinzipe" offenbar überschätzt. Von mehreren Seiten ist dies auch wenigstens soweit anerkannt worden, daß sie neben dem einen, von ihnen für entscheidend gehaltenen Prinzipe noch andere wirksame Faktoren geringeren Ranges zulassen; das ist schon von Lamarck und von Darwin geschehen. Andere freilich glauben in einer einzigen Formel Salomonis Siegel gefunden zu haben, wie Weismann in der von ihm ausgebauten Selektion.

Digitized by Google

Der Darwinismus hat seinen gewaltigen Erfolg unzweifelhaft dem Umstande zu danken, daß er gleichzeitig das Problem der Mannigfaltigkeit auf Abstammung, das Problem der Zweckmäßigkeit der Organismen auf Naturzüchtung zurückzuführen suchte. Als dann später die Zweifel an der Tragweite des Selektionsprinzipes sich mehrten, hat man schärfer diese beiden Seiten der Abstammungslehre auseinander gehalten; und Forscher, denen die Naturzüchtung das nicht zu halten schien, was sie anfänglich versprach, trösteten sich dafür mit der Errungenschaft der Umbildungslehre. Ich erinnere an das Wort Th. Huxleys: „If the Darwinian hypothesis was swept away, evolution would still stand where it was."

Das ist unzweifelhaft richtig. Auch ich werde bei Darlegung des eigenen Standpunktes daher die Frage der Entwicklung von derjenigen nach den Ursachen der Entwicklung möglichst zu trennen suchen.

Ich nehme, wie auch Darwin es tat, die ersten an unserer Erdoberfläche aufgetretenen Organismen als gegeben an. Wie sie entstanden, woher sie gekommen sein mögen, kommt für phylogenetische Untersuchungen nicht in Betracht.

Wenn wir glauben, daß diese ersten Organismen die denkbar einfachste Gestalt und Struktur besaßen, so werden wir zu dieser Annahme durch die Ergebnisse der Paläontologie keineswegs gezwungen. Denn die ältesten in den Schichten des Kambrisch und Silur auf uns gekommenen Versteinerungen sind Reste verhältnismäßig hoch organisierter Tiere und Pflanzen. Die Vorläufer jener Formen kennen wir nicht.

Unsere Hypothese beruht vielmehr auf der Erwägung, daß die Entwicklung vom Niederen zum Höheren, d. h. vom Einfachen zum Zusammengesetzten, als durchgehendes Prinzip das Tierreich und Pflanzenreich beherrscht. In der Ontogenie, der individuellen Entwicklung vom Ei bis zum fertigen Tier und zur fertigen Pflanze, tritt uns dies Prinzip täglich

Digitized by Google

und schlagend vor Augen. Durch einen Analogieschluß übertragen wir dasselbe aus der Ontogenie auf die Phylogenie; und diese Übertragung erscheint durch die Tatsachen insofern gerechtfertigt, als zur Steinkohlenzeit andere Pflanzen und Tiere auftraten, als im Silur vorhanden gewesen waren, und als diese Umwandlung der Fauna und Flora durch die mesozoische und känozoische Periode andauerte bis zur Diluvialzeit, wobei sich im großen und ganzen ein Fortschreiten der Typen vom Niederen zum Höheren bemerklich macht. Daraus schließen wir, daß die ersten Organismen möglichst niedrig organisiert, also einfache Zellen waren. Immerhin aber bleibt die Phylogenie aus den ersten Lebensanfängen heraus ein Problem, welches sich durch Erfahrung nicht lösen läßt; und je nach der Zuversichtlichkeit, mit welcher der einzelne sich eine Antwort auf die phylogenetische Frage zurechtmacht, wird ihm diese Antwort als Hypothese oder als Axiom erscheinen. Beweisbar ist sie in keinem Falle. Die Wissenschaft arbeitet hier auf schwierigem Boden. Sie trachtet die Wahrheit zu finden und dürfte es im besten Falle zu einer Dichtung bringen, in der Phantasie und Wissen sich zu einer Gestaltung verbinden, die als einleuchtend und verhältnismäßig wahrscheinlich anerkannt werden wird. Ob von allen? Ob für immer? Das wird nur die Zukunft entscheiden können.

Sicher ist, daß der menschlichen Beobachtung die Arten in der Gegenwart als unveränderlich gelten müssen. Nun sind bei Annahme einer Phylogenie zwei Möglichkeiten vorhanden: entweder jede Art hat sich aus einer Urzelle entwickelt, die unabhängig von der Urzelle jeder anderen Art entstand; dann würde keine Blutsverwandtschaft zwischen den Arten bestehen, sondern nur größere oder geringere Ähnlichkeit, wie sie z. B. auch zwischen verschiedenen chemischen Verbindungen herrscht. Oder die Arten sind, wenn auch nicht alle, so doch zum großen Teile genealogisch auseinander, beziehungsweise aus gemeinsamen Stammformen hervorgegangen, so daß der Ähnlichkeit vielfach eine Blutsverwandtschaft zu grunde liegt.

Digitized by Google

Ich entscheide mich für die letztere Alternative; aber daß ich mich aus freien Stücken entscheiden kann, daß ich nicht durch die Macht der Tatsachen zu dieser Entscheidung gezwungen werde, spricht deutlicher als alles andere für den hypothetischen Wert einer solchen Wahl.

Ich bin auch der Meinung, daß wir nur ein einmaliges elternloses Auftreten von Organismen anzunehmen brauchen. Abgesehen von den früher hierfür geltend gemachten Gründen *) scheint es mir richtig und zu den Tatsachen am besten zu passen, für das transzendente Eingreifen der kosmischen Intelligenz ein Minimum der Fälle anzunehmen. Allein ich kann mir nicht denken, daß im Anfange nur eine einzige Zelle als Keim aller künftigen Pflanzen und Tiere entstanden sei. Dies widerspräche nicht nur dem uns sonst überall in der Natur entgegentretenden Prinzipe einer Überproduktion oder wenigstens Massenproduktion der Keime; sondern wenn nur eine vereinzelte Urzelle geschaffen wurde, so war das Leben schon dadurch in seinem Fortbestande bedroht, denn wie leicht konnte eine solche Zelle durch ein zufälliges Mißgeschick vernichtet werden. Mir scheint es dem Wesen der Intelligenz besser zu entsprechen, wenn wir in den Bildern unserer Phantasie gleich zu Anfang eine große Zahl ähnlicher Zellen miteinander ins Leben treten lassen. Diese Urzellen sind vielleicht so einfach gewesen, wie wir heute keine mehr kennen. Vermutlich lebten sie im Wasser; ist doch auch die älteste Fauna, die wir kennen, offenbar eine Meeresfauna. In jene Zellen war die Fähigkeit zur phylogenetischen Fortentwicklung hineingelegt, wie jedes Ei die Fähigkeit der ontogenetischen Entwicklung in sich trägt. Mit der Annahme dieser zahlreichen, vielleicht Millionen einander ähnlichen Urzellen ist allerdings die Blutsverwandtschaft aller Organismen ausgeschlossen und nur für einen Teil derselben zugelassen.

Ich muß an dieser Stelle nochmals die Ansichten eines

*) Vgl. oben Kap. 26 S. 305 ff.

Digitized by Google

anderen erwähnen, da in den letzten Kapiteln nicht darauf eingegangen wurde. A. Wigand*), der allerdings von einer Urzelle ausgeht, hat die Idee entwickelt, daß alle Organismen ihre Phylogenie als Urzellen durchgemacht haben. Aus der ersten Urzelle ist die Urzelle des Pflanzenreichs und des Tierreichs hervorgegangen, aus diesen sind die Urzellen der einzelnen Klassen entstanden, aus diesen die Urzellen der Familien, z. B. der Rosazeen, der Papilionazeen, aus diesen die Urzellen der Gattungen, z. B. Wicke, aus diesen die Urzellen der Arten, z. B. Vogelwicke. Bis es zur Artbildung kommt, sind die Charaktere in den frei lebenden Urzellen latent gewesen; mit den Speziesurzellen trat dann die ontogenetische Entwicklung des Organismus auf, die wir heute vor Augen haben und die sich in der Fortpflanzung wiederholt. Eine Umbildung der einmal ontogenetisch gebildeten Art findet nicht statt. Natürlich hat bei dieser Hypothese die Ontogenie auf sehr verschiedenen Altersstufen der Generationen und zu sehr verschiedenen Zeiten eingesetzt, viele Arten sind im Laufe der Erdgeschichte auch schon als Urzellen wieder ausgestorben. Bei den im Kambrisch auftretenden Arten hat die Ontogenie früh eingegriffen; die erst im Tertiär entstandenen Arten haben außerordentlich viel länger als Urzellen leben müssen. Ob jetzt alle Urzellen erschöpft sind, oder ob deren noch existieren, die der Erweckung zu bisher unbekannten Typen harren, läßt die Hypothese dahingestellt.

Die Blutsverwandtschaft aller Organismen wird allerdings durch diese „Genealogie der Urzellen" gewährleistet. Indessen glaube ich nicht, daß die Natur so schablonenhaft verfahren ist, abgesehen davon, daß ich das erste Auftreten einer einzigen Urzelle für unwahrscheinlich halte. Ich stelle mir vielmehr vor, daß die vielen ähnlichen Urzellen zunächst in ähnlichem Sinne, und zwar fortschreitend, in eine langsame phylogenetische Umbildung eingetreten sind. Sehr frühzeitig entwickelten sich hierbei Anpassungen an das Wasserleben, die

*) Die Genealogie der Urzellen, Braunschweig 1872.

Digitized by Google

Zellen nahmen unter Ausbildung von Ruderorganen die Gestalt von Schwärmsporen an. Natürlich mußten die Urzellen von Anfang an den physiologischen Charakter von Pflanzenzellen besitzen, also anorganische Stoffe zu assimilieren vermögen. Sie besaßen ferner die Fähigkeit, zu wachsen und sich durch Teilung zu vermehren. Dann entstanden vielleicht Zellen vom Typus der Flagellaten, und indem ein Teil derselben durch kosmische Einflüsse zu Grunde ging, gelangte abgestorbene organische Substanz ins Wasser, von der auch farblose Flagellaten zu leben vermochten. So kam es zu den ersten Differenzierungen; farblose Flagellaten waren die Uranfänge des Tierreichs, farbige die Uranfänge des Pflanzenreichs. Von diesen Urformen gingen einige einen stabilen Zustand ein, so daß sie sich nicht progressiv weiter entwickelten, sondern nur noch Gattungen und Arten der gleichen Organisationsstufe hervorzubringen vermochten: solche Flagellaten haben sich bis auf diesen Tag erhalten. Andere behielten dagegen die Fähigkeit der progressiven Entwicklung, aus ihnen gingen die höheren Typen hervor. Hier werden wir es zweifellos mit vielen analogen, parallelen und divergierenden Reihen zu tun haben, die von verschiedenen Urzellen abstammen. Die systematische Verwandtschaft braucht daher an sich keine genealogische Verwandtschaft zu sein; in ihrer Allgemeinheit ist letztere meines Erachtens nur ein frommer Wunsch.

Ich halte es ferner für wenig wahrscheinlich, daß die einzelnen uns bekannt gewordenen Arten auch nur zum größeren Teile durch Umbildung auseinander hervorgegangen sind. Ich stelle in Übereinstimmung mit Darwin mir vor, daß die Arten, wie schon oben ausgeführt wurde, die Endknospen baumartiger Verzweigungen bilden. Dennoch will ich nicht leugnen, daß in beschränkterem Umfange auch Umbildung einer Art eines nahen Verwandtschaftskreises in eine andere vorgekommen sein kann. So kann nach dem, was wir darüber wissen, unser heutiges Pferd ebensogut das Endglied einer phylogenetischen Reihe sein, die sich in der Kreidezeit

Digitized by Google

von den Vorfahren der verschiedenen Tertiärpferde abzweigte, als der direkte Abkömmling jener letzteren. Ich zweifle nicht daran, daß gabelige Divergenz der Entwicklungsreihen vorgekommen ist; ich bezweifle aber, daß ein Farn, wie wir ihn kennen, aus einem Moose, oder eine Gymnosperme aus einem Farn entsprossen ist, sondern ich nehme an, daß die Stammformen dieser drei Gruppen ähnliche algenartige Gewächse von beschränkter Existenzdauer waren, aus denen jene höheren Typen sich vielleicht mehr oder weniger sprungweise hervorgebildet haben. Auch halte ich es zwar nicht für unmöglich, daß die 300 phyllodinen Akazien Neuhollands aus einer einzigen Art mit gewöhnlichen Blättern hervorgegangen sind, aber auch nicht gerade für wahrscheinlich.

Es würde hier zu weit führen, wollte ich diese Auffassung, die ich in anderen Arbeiten als das Prinzip der Phylembryonen näher begründet habe, bis in die Einzelheiten hinein ausmalen. Denn ich gestehe ohne weiteres zu, daß auf diesem Gebiete, mag man sich Vorstellungen über die Phylogenie bilden, welche man will, man nie aus dem Bereiche der Dichtung herauskommen wird.

Vermutlich wird es in phylogenetischer Hinsicht noch lange heißen: soviel Köpfe, soviel Vorstellungen. Indessen ist zu hoffen, daß durch eine von der Zeit zu erwartende Klärung der Meinungen diese Vorstellungen sich einheitlicher und darum befriedigender gestalten werden. Wenn 10000 Kompositen-Spezies existieren, die sämtlich fünf miteinander verwachsene Antheren besitzen und niemals eine sechste hervorbringen, wenn es 8000 verschiedene Orchideen und 3000 Arten der einzelligen Diatomeen gibt, die unter sehr ähnlichen äußeren Existenzbedingungen vegetieren, und wenn das Rätselhafte dieser ungeheuren Mannigfaltigkeit schier erdrückend scheint, so ist nicht außer acht zu lassen, daß die Rätsel der Ontogenie, die wir täglich vor Augen haben, keine geringeren sind. Denn im Taubenei ist die Spezies ebenso vollständig enthalten wie im Möwenei; beide Eier sind im Prinzipe ebenso verschieden von-

Digitized by Google

einander wie die Taube von der Möwe; nur sind die Unterscheidungsmerkmale der fertigen Tiere leichter erkennbar als die der Eier, in denen sie als latente Entwicklungsimpulse schlummern. Wenn wir solche unsichtbaren Entwicklungsimpulse aber auch in die Urzellen hinein verlegen, die im Laufe von Erdperioden sich zu den Tieren und Pflanzen der Gegenwart ausbildeten, so ziehen wir damit nur die Konsequenzen des Entwicklungsprinzipes, das wir durch Analogie von der Ontogenie auf die Phylogenie übertragen.

Damit komme ich zu den Ursachen der phylogenetischen Umbildung.

Wie für den Gang der Ontogenie, so nehme ich auch für die Phylogenie eine unausgesetzte Wechselwirkung zwischen inneren und äußeren Entwicklungsbedingungen an. Das Verhältnis beider zueinander dürfte in Ontogenie und Phylogenie ein ganz ähnliches sein: die inneren Impulse sind maßgebend für die Gestaltung des Organismus; doch sie vermögen nichts zu erreichen ohne das Eingreifen der äußeren Bedingungen, und jede phylogenetisch erreichte Stufe wird wiederum zur Bedingung für die Erreichung der nächsten. Die Parallele zwischen Ontogenie und Phylogenie wäre nicht vorhanden, wenn die inneren Impulse nicht auch in der Phylogenie ausschlaggebend wären. Die erbliche Übertragung der Eigenschaften stimmt in beiden Entwicklungen überein; in der Phylogenie tritt aber eine bestimmt gerichtete Abänderung hinzu, die überwiegend vorwärts schreitet, d. h. vom Einfacheren zum Komplizierteren hinführt, wenn auch daneben Bewegung auf gleicher Höhe der Organisation oder gar Rückschritte vorkommen.

Die inneren Triebkräfte der phylogenetischen Entwicklung schränke ich, wie in der Ontologie, ein und auf den Begriff von Entwicklungsdominanten, also auf chemisch und physikalisch nicht definierbare Kräfte zweiter Hand. Den Begriff der äußeren Bedingungen fasse ich dagegen sehr weit. Ich rechne dahin alle äußeren Reize, den Einfluß von Klima und

Digitized by Google

Boden, von Licht und Schwerkraft, der benachbarten Tier- und Pflanzenwelt. Ferner zähle ich zu den äußeren Ursachen: den Kampf ums Dasein und die dadurch ausgeübte Selektion; das Verkümmern eines Organs bei Nichtgebrauch, seine Verstärkung durch Gebrauch; endlich die Kreuzung zweier Arten miteinander.

Ich gebe zu, daß in diesen Erscheinungen, wenigstens in den zuletzt erwähnten, bereits eine Wechselwirkung der äußeren mit inneren Bedingungen enthalten ist, doch auf solcher Wechselwirkung beruht ja die ganze Umbildung; sie ist niemals die Wirkung eines einzelnen Faktors, sondern stets die Resultante aus zahlreichen Faktoren; und selbst von den äußeren Einflüssen dürften noch keineswegs alle erkannt sein. Wie sich unsere Anschauung auch in der Zukunft gestalten mag, ich möchte meine Meinung vor allen Dingen dahin aussprechen, daß die Ursachen der Umbildung sicher weit komplizierter sind, als die Einzeltheorien bislang angenommen haben.

Standort, Boden und Klima sind jedenfalls von hervorragendem Einflusse. Wenn eine Waldblöße gehauen wird oder ein Teich austrocknet, so stellen sich plötzlich zahlreiche Pflanzen ein, die vorher vielleicht in weiter Runde nicht gefunden wurden. Dies kommt daher, weil ihre in Überzahl produzierten Keime sich überall durch die Luft verbreiten, aber nur dort zur Entwicklung gelangen, wo die Umstände es zulassen. Somit erweist sich Standortsgunst für das Gedeihen der Pflanzen oft nützlicher und wirksamer, als Vorteile geringfügiger Abänderung.

Daß Änderung im Klima eines Landes eine neue Flora hervorrufen kann, ist nicht zu bezweifeln; und daß hierbei nicht nur Pflanzen aus Ländern einwandern, in denen das neue Klima bereits bestand, oder die dasselbe vertragen, lehrt die große Zahl der eingeborenen Arten, z. B. in Neuholland und am Kap. Das Klima hat hier der Abänderung eine ganz bestimmte Richtung erteilt, die sich mit der Entwicklungsrichtung aus inneren Ursachen kombinierte. Auf solche Mit-

Digitized by Google

wirkung von Dominanten dürfte es zurückzuführen sein, daß im Shrub (Buschwald) von Neuholland nicht eine einzige oder wenige, sondern daß dreihundert phyllodine Spezies von Acacia gefunden werden. Da diese Arten in der Gegenwart auch unter ganz abweichenden Kulturbedingungen sich konstant zeigen, so scheint mir damit die Möglichkeit der Fortbildung von Dominanten beziehungsweise der Neubildung derselben aus der Wechselwirkung vorhandener Dominanten mit äußeren Einflüssen erwiesen zu sein.

Die Anpassungsfähigkeit an äußere, z. B. klimatische Verhältnisse ist eine Fähigkeit der Selbsthilfe, der Selbstregulierung gestörter Lebensbedingungen, des Ausgleiches solcher Störung durch Ineinklangsetzen mit den neuen Existenzbedingungen, und sie erheischt als solche unsere größte Bewunderung.

Dem unverkennbaren Einflusse äußerer Faktoren, wie er in der Eigentümlichkeit der Kapflora, der neuholländischen, den Wüstenfloren u. s. w. hervortritt, stehen andere Beispiele gegenüber, welche anscheinend die Machtlosigkeit äußerer Faktoren beweisen. Ich beschränke mich auf ein Beispiel. Die Pflanzenwelt der Nordsee ist völlig verschieden von derjenigen süßer Gewässer. Seit der Eiszeit besteht die Ostsee mit einem viel geringeren Salzgehalt als die Nordsee, dennoch ist keine eigenartige Ostseeflora entstanden. Die Algen der Nordsee sind in die Ostsee eingewandert und haben sich in dieser teils ungeändert erhalten, teils sind sie verkümmert, je nachdem sie den geringeren Salzgehalt vertrugen oder nicht. Sie sind aber keineswegs zum Ausgange einer eigenartigen Ostseeflora geworden.

Ich komme nun zur Wirkung der Selektion, der von Darwin und Weismann eine so große Bedeutung beigemessen wurde. Diesen Einfluß zu leugnen, scheint mir nicht richtig, sie ist auch ein Faktor äußerer Einwirkung unter vielen. Den Umfang ihrer Bedeutung genau festzustellen, ist aber heute noch nicht möglich. Im allgemeinen möchte ich

Digitized by Google

mich jenen anschließen, welche meinen, daß die Naturzüchtung in Betracht kommt, wenn nachteilige Abänderungen entstanden sind, deren Ausmerzung durch sie herbeigeführt wird. So kann ich mir nicht vorstellen, daß unter dem Einflusse der Selektion ein menschliches Hirn zur Ausbildung gelangen konnte, welches uns unrichtige Bilder von den Dingen der Außenwelt gibt; die Menschheit hätte dann längst zu Grunde gehen müssen. Allerdings spielt die Selektion neben der bestimmt gerichteten Abänderung nur eine untergeordnete Rolle. Aber wie im Kampfe, in der Konkurrenz mit anderen das zweckmäßigste Zweirad obsiegen wird, obgleich menschliche Intelligenz alle Zweiräder hervorgebracht hat, so muß auch in der Natur die Selektion einen gewissen Einfluß behaupten. Sie verhilft den nützlichsten Formen zum Bestehen, wie z. B. in der Mimikry der Schmetterlinge, und auch bei der eigenartigen Ausprägung der neuholländischen Flora dürfte Selektion im Spiele gewesen sein. Sie bildet nach meiner Überzeugung immerhin einen wichtigen Faktor in der Ausgestaltung der Organismen als Regulator gewisser Einzelheiten in der sonst durch ihre Zielstrebigkeit von ihr unabhängigen phylogenetischen Entwicklung. Sie kann keine zweckmäßigen und notwendigen Organe schaffen, die nicht vorher schon da waren, aber sie kann einzelne Organe verbessern. So können die insektenverzehrenden Blätter der Droserazeen nicht durch Selektion entstanden sein, weil sie nur durch eine kombinierte Ausbildung verschiedener Teile zu stande kommen konnten, eines Fangmechanismus und eines verdauenden Apparates: allein durch Selektion mag wohl der eine und später vielleicht auch der andere dieser Teile für sich vervollkommnet worden sein; und sie kann auch zur Erhaltung solcher Teile beitragen, so lange die Lebensbedingungen konstant bleiben. Denn kein anderer Einfluß dürfte bei Konstanz der übrigen Lebensbedingungen so sehr auf Konstanz der Arten hinarbeiten, wie gerade die Selektion.

Wieweit die Analogie reicht zwischen der künstlichen und

Digitized by Google

der natürlichen Züchtung, lasse ich dahingestellt. Die künstliche Züchtung arbeitet nur mit Intelligenz, die doch vom Urheber des Begriffes der Naturzüchtung ausgeschlossen wurde.

Die Ohnmacht oder richtiger die Beschränktheit des Einflusses der Selektion springt aber deutlich ins Auge, sobald wir an die Entstehung großer komplizierter Wesen aus kleinen einzelligen denken. Denn die Selektion müßte dahin wirken, daß nur die letzteren existieren, weil sie viel weniger leicht durch äußere Einflüsse zu schädigen und zu vernichten sind, als jene. Es ist unmöglich, ein Bakterium tot zu schlagen; wohl aber leicht, eine Maus oder eine Balsamine durch mechanische Gewalt zu töten. In der Kleinheit liegt ein Schutzmittel, welches die kleinen Organismen in vorzüglicher Weise den Lebensbedingungen angepaßt erscheinen läßt.

Damit gelange ich zu den Anpassungen, welche Darwin in ihrer Gesamtheit durch Selektion zu erklären gesucht hat. Bereits die Urzellen mußten ihren Lebensbedingungen angepaßt sein, sie mußten die Fähigkeit besitzen, durch Assimilation von Kohlensäure und Synthese von Eiweis sich zu ernähren, sich durch Teilung fortzupflanzen und auf äußere Reize zweckmäßig zu reagieren. Ein Teil dieser Urzellen hat auf dem Flagellatenstadium verharrt, weil die Vortrefflichkeit ihrer Anpassung dem fortschreitenden Entwicklungstrieb das Gleichgewicht hielt. Andere sind zu Anfängen aufsteigender Formenreihen geworden, und hierbei war der Abänderung anscheinend ein weiter Spielraum gelassen. Sie schritt nicht nur zielstrebig in bestimmter Richtung vorwärts, wodurch die Haupttypen zu stande gekommen sind; sondern es gab daneben auch eine oszillierende, ziellose Variation, wie wir sie auch heute bei jeder Aussaat beobachten können, die sich aber stets in engeren Grenzen hielt. Diese unbestimmte Abänderung, die man vielleicht in Kürze mit Darwin Variation schlechtweg nennen kann, führte auch zu weniger gut angepaßten Formen, die dann durch Selektion ausgetilgt wurden. Auch konnte vermutlich die Anpassung der einzelnen Arten durch Erwerb

Digitized by Google

und Verlust von Eigenschaften infolge äußerer Einwirkung wesentlich beeinflußt werden. So ist nicht zu bezweifeln, daß die Stammformen der Orchideen grüne Laubblätter besaßen und Kohlensäure assimilierten; während einige ihrer Abkömmlinge die Fähigkeit erwarben, ihren Bedarf an Kohlenstoff dem Humus zu entnehmen und infolge dieser veränderten Lebensweise die dadurch überflüssig gewordenen Laubblätter einbüßten, so daß wir bei Neottia und Epipogon nur farblose Schuppenblätter finden. Entsprechend dürfte die parasitische Lebensweise und der Chlorophyllverlust von Cuscuta und Orobanche entstanden sein, welche Familien angehören, deren Grundformen zweifellos grüne Laubblätter besaßen.

Die gute Anpassung einer Art konnte durch verschiedene Umstände, z. B. durch eine Änderung des Klimas oder durch Einwanderung in ein Gebiet mit ungünstigen Lebensbedingungen verloren gehen. Dann ging solche Art im Kampfe ums Dasein zu Grunde, oder sie konnte der Ausgangspunkt für neue Artbildung werden, wenn sie genügender Veränderung fähig war. Solche Abänderungen mußten wieder zu einem Stillstande kommen, sobald der Höhepunkt der Anpassung erreicht war; die veränderliche war damit in eine feste Art übergegangen. Ich habe in früheren Arbeiten diesen Zustand der Stabilität, dem alle Organismen zu allen Zeiten zugestrebt haben dürften, als das Optimum der Anpassung bezeichnet.

Wenn wir die niederen, unvollkommenen Pflanzen und Tiere auf ihre Weise den Lebensbedingungen ebensogut angepaßt finden, wie die höchsten, nur daß bei letzteren die Zahl der speziellen Anpassungen eine viel größere ist, entsprechend der fortgeschrittenen Differenzierung und Arbeitsteilung ihres Körpers, so findet auch dies seine Analogie in der individuellen Entwicklung: die Made und die Raupe sind an ihre Ernährung nicht weniger angepaßt als die Fliege und der Schmetterling.

Das Hauptproblem dürfte immer die Kombination der äußeren Bedingungen mit den inneren Umbildungsimpulsen

Digitized by Google

bleiben, will man die Gesamtheit der Anpassungen kausal erklären. Die vollständige Lösung dieser Aufgabe ist wohl um so aussichtsloser, als die inneren Ursachen einer physikalisch-chemischen Erklärung unzugänglich sind. Indessen können wir doch Unterschiede machen. Es gibt Anpassungen, die ich primäre und solche, die ich sekundäre Anpassungen nennen möchte. Zu den ersteren gehören die wichtigsten Arbeitsdominanten, welche die Grundlage des Pflanzenlebens bilden, z. B. diejenigen der Assimilation der Kohlensäure und der Synthese von Eiweiß durch die lebende Zelle. Diese Anpassungen mußten den Urzellen ursprünglich inne wohnen, sie konnten nicht erst nachträglich durch Wechselbeziehungen mit der Außenwelt erworben werden. Zu den sekundären oder erworbenen Anpassungen rechne ich dagegen beispielsweise die Parasiten, die insektivoren Pflanzen, die Beziehungen zwischen Blumen und Insekten. Mit den Entwicklungsdominanten steht es nicht anders, nur liegt das Verhältnis hier weniger klar am Tage. Darwins Lehre ist nicht ausreichend, auch in unermeßlichen Zeiträumen aus mikroskopischen Urzellen Wirbeltiere und Blütenpflanzen hervorgehen zu lassen; dazu bedarf es einer zielstrebig fortschreitenden Abänderung, wie die Ontogenie sie uns zeigt. Dennoch ist die Wechselwirkung jener primären Dominanten mit den äußeren Einflüssen wichtig für den Ausputz des Gebäudes, für die Gestaltung im einzelnen, für die Arten.

Wenn wir den Bau und die Verrichtungen der komplizierteren Organismen durchweg als zweckmäßig anerkennen müssen, so scheint mir der Höhepunkt der organischen Zweckmäßigkeit gerade in der fortschreitenden Anpassungsfähigkeit zu bestehen, in der Erscheinung, daß auf jeder Stufe des Pflanzen- und Tierreichs immer neue Anpassungen unter dem Einflusse der Wechselbeziehungen mit den äußeren Verhältnissen entstehen, aus der Möglichkeit, daß neue Dominanten aus den gegebenen, überlieferten durch diese Wechsel-

Digitized by Google

wirkung sich bilden; kurz, in der Fähigkeit, zweckmäßig abzuändern.

Die Zwecke in der belebten Natur lassen sich durch keine Sophistik hinwegdisputieren. Darwins Versuch, sie zu leugnen, indem er in seiner Theorie den Zufall zum Weltprinzip erhob, ist mißlungen. Wenn wir uns aber gezwungen sehen, die Zwecke anzuerkennen, so müssen wir auch die Forderung unseres Kausalitätsbedürfnisses nach einer zwecksetzenden Ursache zu befriedigen suchen. Man hatte das Selektionsprinzip zur Ursache jener Zwecke erhoben. Allein wenn wir sehen, wie wenig die willkürliche Züchtung des Menschen Pflanzen und Tiere abzuändern vermag, so werden wir der vom Zufall abhängigen Naturzüchtung doch noch weit weniger zutrauen dürfen. Gerade die Beschränktheit der künstlichen Züchtung, ihr Spielraum in engen Grenzen, scheint mir von höchster Bedeutung für diese Frage. Denn wenn man der Naturzüchtung einen unbegrenzten Spielraum zuweisen will, so müßte mindestens die gleiche Macht doch auch von der künstlichen Züchtung erwartet werden.

Man hat ferner versucht, die ganze Kausalität der organischen Gestalten in den Entwicklungsprozeß selbst zu verlegen. Das ist genau so falsch, als wenn man für den Bau eines Kriegsschiffes lediglich die Werftarbeiter verantwortlich machen wollte, die Baumeister aber ignorieren. Ich glaube, daß diese Anschauung keiner eingehender begründeten Zurückweisung bedarf. Darum vermag ich auch einen Gegensatz zwischen Schöpfung und Entwicklung nicht anzuerkennen; denn die Entwicklung selbst kann niemals die Erzeugerin von Organismen sein, sie ist immer nur die Form der Erzeugung. —

Ich kenne physikalische Kräfte, chemische Kräfte, intelligente Kräfte. Wenn die beiden ersteren für den Aufbau des organischen Reiches, speziell für die Bildung zweckmäßiger Einrichtungen an den Organismen, sich als unzulänglich erwiesen, so bleibt nur die dritte Kategorie übrig als maßgebender Faktor. Die Pflanzen und Tiere richten ihre Organisation nach den Ver-

Digitized by Google

hältniſſen ein, die ſie vorfinden; darin gibt ſich Vernunft zu erkennen. Deswegen habe ich Intelligenz unter der Vorſtellung einer Weltvernunft für die Urſache der organiſchen Zweckmäßigkeit erklärt.

Wie ein Buch oder ein Kunſtwerk, ſo ſind auch die Organismen meines Dafürhaltens aus geiſtiger Arbeit hervorgegangen. Und wie es für den Aufwand an geiſtiger Arbeit gleichgültig iſt, ob das Buch nach und nach in großen Zwiſchenräumen ausgearbeitet oder auf einmal und ununterbrochen niedergeſchrieben war, ſo muß auch der Aufwand an kosmiſcher Vernunft der gleiche ſein, ob die Pflanzen- und Tierwelt, wie wir ſie kennen, durch einen Zauberſchlag geſchaffen oder durch langſame Entwicklung und Umbildung entſtanden iſt. Für letzteres ſprechen aber die Tatſachen der Paläontologie. Darum ändert die Deſzendenzlehre, wie ſie in Zukunft ſich auch geſtalten möge, an meiner Auffaſſung nicht das mindeſte. Als allgemeine Wahrheit dürfte ſie feſtſtehen; ihre Ausmalung im einzelnen wird vorausſichtlich immer eine ſubjektive bleiben.

In der Annahme einer Schöpfung der Urzellen begegne ich mich mit Darwin, wie meine Zitate auf S. 375 beweiſen. Auch darin ſtimme ich dem großen engliſchen Naturforſcher bei, daß nach Übereinſtimmung aller Erfahrung die ſchaffende Weltvernunft ſo viel wie möglich mit „mechaniſchen" Mitteln zu erreichen ſucht. Tranſzendente Eingriffe der Weltvernunft in den Gang des Naturgetriebes ſind nicht nur immer im Rahmen der Naturgeſetze erfolgt, welcher niemals durchbrochen wird, ſondern ſie ſind auch im Laufe der Erdgeſchichte nicht häufiger erfolgt, als unumgänglich notwendig war. Darin glaube ich ein wichtiges Naturgeſetz zu erkennen. Das Verhalten der Weltvernunft ſtimmt mit dem eines Mechanikers überein, der auch die Maſchine arbeiten läßt, nachdem er ſie hergeſtellt hat.

Ein fundamentaler Unterſchied bleibt beſtehen zwiſchen dem unbelebten Stoff und den lebendigen Geſchöpfen, ein

Digitized by Google

Unterschied, den schon Aristoteles anerkannt hat. Dem großen Denker des Altertums waren die letzteren beseelt, der erstere war es nicht. Weiter sind wir auch heute in den letzten Konsequenzen der Naturanalyse nicht gekommen. Die Seele der Pflanzen und Tiere in jenem Sinne des Aristoteles ist die Summe, das Integral der in ihnen waltenden Dominanten.

* * *

Die von mir vertretene Erschaffung von Urzellen mit einer in sie hineingelegten Tendenz zur Fortentwicklung, worin ich das wichtigste Stück der Analogie zwischen Phylogenie und Ontogenie erblicke, mit anderen Worten, die Annahme eines nicht analysierbaren Entwicklungsimpulses auch für die Phylogenie, wie wir ihn doch für die Ontogenie nicht zu leugnen vermögen, ist von Herbert Spencer auf das lebhafteste und in starken Ausdrücken angefochten worden. Spencer bezieht sich hauptsächlich auf die von Erasmus Darwin*), dem Großvater von Charles Darwin, geäußerten Ansichten, mit denen sich die meinigen in wesentlichen Stücken begegnen. Es scheint mir deshalb angezeigt, eine zusammenfassende Äußerung Spencers**) im Wortlaute hier folgen zu lassen:

„Auf welche Weise sie auch formuliert oder durch welche Sprache immer sie verdunkelt sei, so ist diese Zurückführung der organischen Entwicklung auf irgend ein Vermögen, das die Organismen von Natur aus besitzen oder auf wunderbare Weise erhalten haben sollen, stets unphilosophisch. Es ist eine jener Erklärungen, die nichts erklären — ein Aufputzen des Nichtwissens zum Scheinbild des Wissens. Die angenommene Ursache ist keine wirkliche Ursache, ist keine Ursache, welche sich mit anderen bekannten Ursachen zusammendenken läßt, keine Ursache, von der sich nachweisen ließe, daß sie irgend welche ähnlichen Wirkungen hervorbringe. Es ist eine Ursache, die sich in Gedanken nicht wiedergeben läßt, eine jener illegitimen symbolischen Vorstellungen, die durch keinen geistigen Prozeß zu einer wirklichen Vorstellung umgearbeitet werden können. Kurz, die Annahme eines den Organismen innewohnenden fort-

*) In seiner 1794 erschienenen Zoonomia ausgesprochen.

**) Prinzipien der Biologie, deutsche Ausgabe I, S. 442.

Digitized by Google

während wirksamen Gestaltungsvermögens, welches dieselben zur Entwicklung zu höheren Formen veranlassen soll, ist eine Annahme, die nicht haltbarer ist als die Annahme von der Erschaffung der Spezies: — ja, sie ist in Wirklichkeit nur eine Modifikation der letzteren, von welcher sie sich bloß dadurch unterscheidet, daß sie zahlreiche gesonderte und bekannte Prozesse zu einem einzigen fortdauernden unbekannten Prozeß verschmelzt."

In dieser Polemik Spencers gegen die Vorstellungen Erasmus Darwins und damit auch gegen meine eigenen vermag ich als einigermaßen richtig anzuerkennen, daß beide in gewissem Sinne „nur eine Modifikation der Annahme von der Erschaffung der Spezies" sind. Ich gebe ferner zu, daß die Annahme einer transzendent auf die Materie beziehungsweise auf die Energien wirkenden kosmischen Intelligenz eine symbolische Vorstellung ist; allein, warum soll die illegitim sein? warum soll sie illegitimer sein als so viele symbolische Vorstellungen, mit denen die Wissenschaft täglich unbeanstandet schaltet und waltet, wie die Vorstellung Atom, die Vorstellung Kraft, die Vorstellung Materie? Auch wenn man das Wort Vorstellung in allen diesen Fällen durch das vielleicht passendere Wort Begriff ersetzt, wird dadurch an der Sache nichts geändert. „In Gedanken wiedergeben" lassen sich die Begriffe Atom, Kraft, Materie ebensowenig oder auch ebensogut wie der Begriff kosmische Intelligenz. Wenn Spencer das Zurückführen der Organismen mit ihrer zweckmäßigen Maschinenarbeit auf kosmische Intelligenz für unphilosophisch erklärt, so mag das ja sein, ich maße mir kein Urteil darüber an, weil ich kein Philosoph bin. Soviel aber steht für mich fest, daß Spencer dann auch die Kausalverknüpfung zwischen dem Telephon und der Intelligenz Edisons für unphilosophisch erklären könnte, zumal wir nicht wissen, wie diese Intelligenz auf die Gewebe des Körpers eingewirkt hat, der das erste Telephon schuf. Spencer tut dies allerdings nicht, weil Edisons Autorschaft erfahrungsgemäß feststeht, während wir die Autorschaft einer kosmischen Intelligenz nur folgern aus Analogie. Aber ich möchte glauben: wenn das Telephon im Hades einem der

Digitized by Google

Schatten der alten Philosophen vorgeführt würde, er würde so „unphilosophisch" handeln, aus den Eigenschaften desselben auf einen intelligenten Urheber zu schließen. Daß die Intelligenztheorie eine Erklärung sei, die nichts erkläre, eine angenommene Ursache, die keine wirkliche Ursache sei, sind Worte, bedeutungslose Worte, die in sich zusammenfallen, und die man mit mindestens dem gleichen Rechte auf viele der Hypothesen anwenden kann, deren auch Spencer in seinen „Prinzipien" nicht zu entraten vermag.

In einem Hauptpunkte aber möchte ich ein Mißverständnis nicht aufkommen lassen: ich wünsche meinen Vorstellungen durchaus keinen dogmatischen, sondern nur einen hypothetischen Charakter beigemessen zu sehen. Ich halte sie in jeder Beziehung für verbesserungsfähig und verbesserungsbedürftig; ich würde mich selbst am meisten freuen, wenn man mir einen besseren Weg zur Erkenntnis jener großen Zeitfragen zeigen wollte, als ich ihn in gewissenhafter Prüfung aller in Betracht kommenden Umstände zu finden vermochte. Denn es ist unser Schicksal, von provisorischen Vorstellungen zu anderen provisorischen Vorstellungen fortzuschreiten; und wir müssen schon zufrieden sein, wenn das zweite Provisorium einleuchtender ist als das erste. Zu verzweifeln brauchen wir darum aber nicht an dem Fortschritte der Menschheit im Erkennen; es lernt niemand gehen, der nicht gestrauchelt hat und auch einmal gefallen ist. Wir müssen bedenken, daß, abgesehen von den wenigen Handhaben, welche die Paläontologie uns bietet, wir bei phylogenetischen Spekulationen immer nur auf die Analogie und ihre bestmögliche Ausnutzung angewiesen sind; denn alle Experimente, die wir anstellen können, z. B. über den Einfluß äußerer Lebensbedingungen auf Formänderungen, beziehen sich unmittelbar immer nur auf ontogenetische Prozesse und ontogenetische Abänderungen; und nur durch Analogie können wir daraus Schlüsse auf phylogenetische Vorgänge ziehen. —

Die große Tatsache der Entwicklung des Tier- und

Digitized by Google

Pflanzenreichs steht fest, das ist das unumstößliche, durch die Paläontologie gelegte Fundament, auf der jede Theorie weiter zu bauen hat. Daneben wird die Wissenschaft in Zukunft vielleicht mehr als bisher den Umstand berücksichtigen, daß die Mannigfaltigkeit der Organismen nicht nur in der Körperform, sondern auch in der chemischen Beschaffenheit des Stoffes und in den physiologischen Aktionen besteht. Es kann ferner nicht daran gezweifelt werden, daß die vielen Typen nicht durch wenige oder gar eine einzige, sondern daß sie durch das Zusammenwirken zahlreicher Ursachen entstanden sind, von denen uns manche bislang ganz unbekannt geblieben sein dürften. Auch ist neben der vollen Anerkennung der Zweckmäßigkeit immer zu berücksichtigen, daß zahlreiche Merkmale der Tiere und Pflanzen sich ausgebildet haben, ohne einen erkennbaren Nutzen zu gewähren.

Die bei der Fortpflanzung auftretenden Variationen sind als Störungen des bisherigen morphologischen Gleichgewichts einer Art aufzufassen. Die Ursachen dieser Störungen können gewiß sehr verschiedene sein, und sie sind im einzelnen zu erforschen; der äußeren Entfaltung neuer Merkmale konnten innere unsichtbare Veränderungen längst vorausgehen. Der Entwicklungsgang: Eizelle, Pflanze, Eizelle ist ein Kreisprozeß, der in der Hervorbringung zahlreicher nicht völlig gleicher Eizellen die Ausgangspunkte einer progressiven Entwicklung in sich trägt; und wenn wir in der Gestalt der Tiere und Pflanzen Anpassungen an ihre Ernährung und Fortpflanzung erblicken, so müssen diese Anpassungen so gut historisch entstanden sein, sich entwickelt haben, wie die rudimentären Organe und wie jene sogenannten morphologischen Merkmale, von denen wir keinen Zweck einsehen können, wie die Fünfzahl der Staubfäden bei den 10000 Kompositen und so vielen anderen Pflanzen. Jeder Erklärungsversuch hat aber alle diese Verhältnisse zusammen zu berücksichtigen. Hoffen wir auf die Zukunft, der wir doch auch zu tun und zu denken übrig lassen müssen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fünfter Abschnitt.

Die Naturwissenschaft und der Gottesbegriff.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kapitel 34.

Monismus und Dualismus.

Der Monismus läuft praktisch auf den Materialismus hinaus, wenn er sich auch theoretisch dagegen sträuben mag. Wenigstens müßte sonst jeder konsequente Monismus die Materie beziehungsweise die Energie leugnen, da er prinzipmäßig nur eine Einheit in der Welt anerkennt. Der Monismus aber, welcher alles übrige zu Eigenschaften der Materie oder der Energien macht, auch die Intelligenz und den freien Willen, ist schlechterdings nichts anderes als Materialismus. Und wenn monistische Systeme die Materie gar mit Gott identifizieren, so tritt die Absurdität solcher Phrase sogleich zu Tage, wenn man berücksichtigt, daß dann eine Stecknadel, ein Tintenwischer, ein Stück Kreide Teile von Gott sein würden.

Ich halte den Monismus für einen verfehlten Versuch, die Welt zu begreifen. Seinen Grund hat er meines Erachtens in dem ganz richtigen Bestreben des menschlichen Denkens, alle Erklärungen der Dinge auf möglichst einfache Prinzipien zurückzuführen. Damit ist aber keineswegs die Zurückführung auf die Einheit selbst als notwendig oder auch nur als zulässig erwiesen, sondern der erreichbare Grenzwert kann auch die Zweiheit, die Dreiheit oder eine höhere Vielheit sein; dies hängt lediglich von den durch Erfahrung zu bestimmenden Verhältnissen der Wirklichkeit ab. Der Wunsch nach Einheitlichkeit, so begreiflich er sein mag, darf niemals

Digitized by Google

maßgebend für die Weltanſicht werden. Nicht auf das, was uns gefällt, ſondern auf die Wahrheit kommt es an.

Ich möchte zunächſt darauf hinweiſen, daß nicht eine einzige Tatſache bekannt iſt, die mit Notwendigkeit den Monismus fordert, zur Annahme einer moniſtiſchen Weltanſicht zwingt. Unter dieſen Umſtänden bleibt uns nur übrig, zu prüfen, ob es möglich iſt, mit dem Monismus auszukommen.

Der konventionelle Materialismus ſtellt die Hypotheſe auf, daß nur das ſinnlich Wahrnehmbare wirklich ſei. Die Konſequenz ſolcher Annahme iſt ſowohl die Leugnung der Intelligenz als auch des freien Willens; denn beide können wir weder ſehen noch taſten, weder hören noch ſchmecken; wir ſind auch außer ſtande, zu erkennen, wie beide auf den Apparat unſeres Körpers einwirken, wenn ſie ihn zu einer vernünftigen Handlung, z. B. zum Schreiben eines Briefes, veranlaſſen. Der Materialismus iſt ferner nur konſequent, wenn er den Zufall die Richtung der ſich mit Notwendigkeit vollziehenden, verwickelten Bewegungen in der lebenden Natur angeben läßt; ein Erklärungsprinzip, das wenigen genügen dürfte. Denn daß die Energien in Verbindung mit dem Zufalle zur Erklärung aller Vorgänge ausreichen ſollen, wäre ein Aberglaube, wie er kraſſer nicht gedacht werden kann.

Im Rahmen der Kauſalität erfordert jeder zweckkätige Mechanismus eine Intelligenz, die ihn beſtimmt. Daher iſt der Monismus widerlegt und beſeitigt, ſobald wir eine Zweckmäßigkeit in der Natur anerkennen. Wenn aber der Monismus nichtsdeſtoweniger behauptet, daß ſich alles Geſchehen auf mechaniſche Vorgänge zurückführen laſſe, ſo gibt es dagegen einen direkten Beweis, deſſen bereits früher gedacht worden iſt.

Jeder Vorgang, den die Wiſſenſchaft einen mechaniſchen nennen darf, iſt umkehrbar; ein nicht umkehrbarer Vorgang kann darum kein mechaniſcher ſein. Da nun die Entwicklung eines Tiers oder einer Pflanze nicht umkehrbar iſt, das Huhn nicht wieder zum Kücken werden kann, eine Nelke ihre Entſtehung aus dem Samenkorn nicht wieder rückwärts zu durch-

Digitized by Google

laufen vermag, so ist die Entwicklung der Organismen kein rein mechanischer, beziehungsweise energetischer Prozeß. In geistvoller Weise hat Krönig*) diesen Gedanken ausgeführt, und Ostwald**) hat sich kürzlich im gleichen Sinne geäußert.

Die geringste Zahl von Grundkräften, die wir nötig haben, um die Welt zu begreifen, ist daher die Zweiheit. Wir brauchen neben der Energie — wenn wir derselben die Materie einmal zurechnen — noch die Intelligenz. Viele auf der Erde vorkommende energetische Erscheinungen bleiben unverständlich, solange wir eine Verknüpfung der Energien durch Intelligenz zurückweisen. Aus der Kombination der Intelligenz mit den Energien entstehen in den Organismen die Dominanten.

In dieser Trennung intelligenter Kräfte und blind wirkender Energien ist der Dualismus als Grundlage einer vorurteilslosen Weltansicht gegeben. Wie es aber eine Mehrheit von Energien gibt, so weist uns die Natur auch auf eine Mehrheit von Intelligenzen.

Wir haben da zuerst die unvollkommene Intelligenz der Tiere, dann die vollkommnere des Menschen. Beide besitzen im Körper, im Gehirn einen materiellen Träger. Dann haben wir die als Weltvernunft unterschiedene Intelligenz. Insofern dieselbe in den Entwicklungs- und Arbeitsdominanten der Organismen erkennbar wird, fehlt auch ihr der materielle Träger nicht. Sofern wir der Weltvernunft aber noch außerhalb der Tiere und Pflanzen eine Existenz zuschreiben, kennen wir allerdings keinen materiellen Träger derselben. Damit ist natürlich nicht erwiesen, daß ein solcher Träger fehlt. Derselbe könnte aus einer unbekannten Energieform gewoben sein, etwa aus Strahlen, deren Schwingungszahl zu hoch ist, um für uns erkennbar zu sein; doch will ich in dieser Beziehung keine Hypothesen ersinnen. Aber auch wenn kein „materieller" Träger der Weltvernunft existiert, so wäre es vermessen und

*) l. c. S. 327.
**) l. c. S. 21.

Digitized by Google

willkürlich, behaupten zu wollen, daß darum die kosmische Intelligenz ein Märchen sei. Denn nachweisen läßt sie sich in ihrer Offenbarung, den Dominanten der Pflanzen und Tiere.

Die Organismen beweisen, daß hinter den Kulissen der sichtbaren Natur noch etwas wirkt, das unseren Sinnen unzugänglich ist. Dies Unbekannte, das ich Weltvernunft nannte, scheint mir gerade aus den biologischen Arbeiten des neunzehnten Jahrhunderts mit Notwendigkeit gefolgert werden zu müssen. In den Organismen wirkt, vergleichbar einer von der Sonne losgelösten Lichtwelle, der intelligente schöpferische Impuls fort, der sie ins Dasein rief, wie die Intelligenz des Erfinders der Dampfmaschine in jedem Eisenbahnzuge nachwirkt; wie jeder menschliche Gedanke in den Werken, die er schuf.

Wie wir menschliche Intelligenz nur aus ihren Handlungen erschließen, so erkennen wir die Weltvernunft nur aus ihrem Wirken; sie selbst, ihr eigenstes Wesen, bleibt unerforschlich. Da ihr Wirken überall, wenn auch in strenger Gesetzmäßigkeit, in die Natur eingreift, so konnte Hume zu dem Schlusse gelangen, daß die Naturvorgänge überhaupt unbegreiflich sind.

Dies ist der meines Erachtens unleugbare Dualismus in der Welt. Wenn ich denselben auch als Ergebnis eigenen Denkens hinstelle, so befinde ich mich in Übereinstimmung mit zahlreichen Männern alter und neuer Zeit, welche über die Natur nachgedacht haben. Aus dem Altertum nenne ich nur Aristoteles. Drei Männer der neueren Zeit aber, zu deren Geistesarbeit man allgemein mit Bewunderung aufblickt, möchte ich hier noch selbst reden lassen.

Der erste derselben ist Goethe; er sagt:*)

„Es gibt in der Natur ein Zugängliches und ein Unzugängliches. Dieses unterscheide und bedenke man wohl und habe Respekt. Es ist uns schon geholfen, wenn wir es überall nur wissen, wiewohl es immer sehr schwer bleibt, zu sehen, wo das eine aufhört und das andere beginnt. Wer es nicht weiß,

*) Eckermanns Gespräche, 11. April 1827.

Digitized by Google

quält sich vielleicht lebenslänglich am Unzugänglichen ab, ohne je der Wahrheit nahe zu kommen. Wer es aber weiß und klug ist, wird sich am Zugänglichen halten, und indem er in dieser Region nach allen Seiten geht und sich befestigt, wird er sogar auf diesem Wege dem Unzugänglichen etwas abgewinnen können, wiewohl er hier doch zuletzt gestehen wird, daß manchen Dingen nur bis zu einem gewissen Grade beizukommen ist und die Natur etwas Problematisches hinter sich behalte, welches zu ergründen die menschlichen Fähigkeiten nicht hinreichen."

Ich halte diese Äußerung Goethes für ein unzweideutiges Bekenntnis zum Dualismus.

Der zweite ist Karl Ernst von Baer; er tat folgenden Ausspruch:*)

„Die Natur ist dem denkenden Beobachter die fortgehende Offenbarung eines unerreichbaren Urgrundes. Diesen Urgrund erkennt er nur in einzelnen seiner Wirksamkeiten. Ihn selbst als Objekt zu fassen, findet er keine Möglichkeit — um so mehr, als auch die philosophische Spekulation erkannt hat, daß er gar kein Objekt menschlicher Forschung sein kann."

Mein dritter Gewährsmann ist Kant; seine Worte lauten**):

„Was beweist nun aber am Ende auch die allervollständigste Teleologie? Beweiset sie etwa, daß ein solches verständiges Wesen da sei? Nein; nichts weiter, als daß wir nach der Beschaffenheit unseres Erkenntnisvermögens, also in Verbindung der Erfahrung mit den obersten Prinzipien der Vernunft, uns schlechterdings keinen Begriff von der Möglichkeit einer solchen Welt machen können als so, daß wir uns eine absichtlich wirkende oberste Ursache derselben denken. Objektiv können wir also nicht den Satz dartun: es ist ein verständiges Urwesen, sondern nur subjektiv für den Gebrauch unserer Urteilskraft in ihrer Reflexion über die Zwecke der Natur, die nach keinem anderen Prinzip als dem einer absichtlichen Kausalität einer höchsten Ursache gedacht werden können."

Es könnte hiernach scheinen, als ob Kant seine Annahme eines „absichtlich wirkenden, verständigen Urwesens," das mit meiner Weltvernunft sich decken würde, von starken Einschränkungen abhängig machte. Allein, das scheint nur so.

*) Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften S. 77.

**) Kritik der Urteilskraft, Reclam-Ausgabe S. 284.

Digitized by Google

Die vorsichtige Form der Äußerung entspricht dem kritischen Grundzuge der Kantischen Philosophie. Wie er sagt, wir könnten auf das „verständige Urwesen" nur schließen im Rahmen unserer Urteilskraft, so würde man auch sagen können, das Kopernikanische Sonnensystem, die Kugelgestalt der Erde, die Gravitation, das Gesetz der Erhaltung der Energie haben nur Gültigkeit für den Menschen, insofern wir nach der Beschaffenheit unseres Erkenntnisvermögens nicht anders können, als jene Erscheinungen und Gesetze für richtig zu halten. Von der kosmischen Intelligenz gilt also im Sinne der Auffassung Kants dasselbe, was von jedem Gegenstande unseres Wissens und unserer Überzeugung gilt. Wir werden alle zugeben, daß unsere gesamten naturwissenschaftlichen Vorstellungen insofern einen provisorischen Charakter besitzen, als sie nur den Erfahrungen der Vergangenheit und dem Wissen der Gegenwart angemessen sind, und wir nicht ahnen können, was die Zukunft daran ändern wird. Allein, mit dieser Einschränkung, der die ganze Naturwissenschaft unterliegt, glaube ich nicht im geringsten daran zweifeln zu sollen, daß Kants Annahme einer über der menschlichen stehenden Vernunft mit meiner eigenen Auffassung der Weltvernunft im wesentlichen übereinstimmt.

Wie aber jemand behaupten kann, der Dualismus sei wissenschaftlich unzulässig, wo doch die gewaltigsten und schärfsten Denker, die wir auf abstraktem Gebiete gehabt haben — ich erinnere nur an die Erfinder der analytischen Geometrie und der Integralrechnung, an Cartesius, Leibnitz und Newton — nicht den geringsten Anstoß an demselben nahmen, bleibt mir unverständlich.

So bildet denn das Ergebnis eines Dualismus die reife Frucht der in diesem Buche niedergelegten Studien. Ich unterscheide in der Natur intelligente Kräfte als herrschende von energetischen Kräften als dienenden; in den Organismen sind beide untrennbar miteinander verbunden. Wie menschliche Gedanken haben die intelligenten Kräfte nicht als etwas

Digitized by Google

Übernatürliches zu gelten; sondern sie sind ein Stück der Natur, wie die Energien, mit denen der allgemeine Kausalnexus sie verknüpft. Die intelligenten Kräfte entwickeln sich nicht nur im Hirn des Menschen und der Tiere, sondern als Dominanten haften sie auch an den Geweben sämtlicher Organismen; wie sie auch durch die Geistestätigkeit des Menschen den Maschinen eingehaucht werden. Wir müssen ihnen auch jene unsichtbaren, aber in ihrem Wirken so klar erkennbaren Ursachen zurechnen, durch welche die ersten Tiere und Pflanzen ins Leben gerufen wurden.

Wenn man neben dem engeren Sinne, in dem ich das Wort Dominanten gebrauchte, dasselbe auch in einem weiteren Umfange anwendet, könnte man sagen, die Welt besteht aus Energien und Dominanten; wobei die Materie wiederum den Energien beigezählt wird. Dann würde die Physik sich lediglich mit den Energien zu beschäftigen haben, während die Physiologie auch Dominanten in ihr Beobachtungsgebiet einbeziehen muß. Das Arbeitsfeld der sogenannten Geisteswissenschaften würde nur Dominanten und ihre Erzeugnisse umfassen.

In der Verbindung der Dominanten mit den Energien enthüllt sich uns eine Durchgeistigung der Natur: in dieser Auffassung gipfelt mein naturwissenschaftliches Glaubensbekenntnis.

Digitized by Google

Kapitel 35.

Theismus. Atheismus. Pantheismus.

Ich möchte dieses Kapitel mit einem Worte K. E. von Baers eröffnen, welches lautet:*)

„Die Naturkräfte sind der Naturforschung die permanenten Willensäußerungen einer Einheit, welche der Naturforscher nicht vollständig aus der Beobachtung der Einzelheiten konstruieren kann, aber wahrlich doch noch weniger wegzuleugnen das Recht hat. . . . . Diese Einheit ist doch wohl dieselbe, die der Mensch vor aller Naturforschung gefühlt und geahnt hat, und deren Einheit und Unbeschränktheit er mit dem Worte Gott bezeichnet."

In dieser Äußerung gelangt Baer dahin, die auch von ihm anerkannte und aus den Tatsachen gefolgerte Weltvernunft mit dem Gottesbegriff zu identifizieren. Das Zeitalter Friedrichs des Großen bediente sich dafür der farblosen Bezeichnung eines être suprême. Die romanischen Sprachen gebrauchen die mit Zeus zusammenhängenden Worte deus, dio, dieu, welche die Vorstellung von Macht versinnlichen. Die Naivität des germanischen Gemütes hat jenem Begriffe im Worte Gott die edelste der menschlichen Eigenschaften, die Güte, beigelegt. Beide, Romanen wie Germanen, haben das höchste Wesen dadurch personifiziert und vermenschlicht. In den ersten Kapiteln der Genesis begegnet man dafür dem Worte Elohim, einem Pluralis, der wörtlich vielleicht himmlische Mächte bedeuten dürfte.

*) Studien S. 461.

Digitized by Google

Diese Namen sind an sich gleichgültig und Eigentum der betreffenden Sprachen. Wenn auch der Naturforscher durch eine Art von künstlerischer Intuition sich bestimmen läßt, die von ihm erschlossene Weltvernunft mit dem Gottesbegriff der Religion zu identifizieren, so versteht es sich von selbst, daß er vom sprachlichen Inhalte des Wortes absieht und davon unberührt bleibt.

Die Kenntnis der Natur führt unausweichlich zur Gottesidee, und gerade nach den Gesetzen der Kausalität sind wir nach meinem Dafürhalten des Daseins Gottes so sicher wie des Daseins der Natur. Mag eine skeptische Philosophie dieser Folgerung auch nur einen bescheidenen Grad von Wahrscheinlichkeit zumessen oder sie gar für „unphilosophisch" erklären; der nach den Methoden der Induktion und der Analogie schließende Naturforscher wird in der Zurückführung des Daseins und der Eigenschaften der Organismen auf eine schaffende Gottheit nicht nur die begreiflichste, sondern die einzig vorstellbare Erklärung finden; ihm folgt sie mit überzeugender Logik aus den Tatsachen. Wenn Demokrit mit Recht sagte, daß alles aus Notwendigkeit geschehe, so muß Gott aus der Natur mit demokritischer Notwendigkeit gefolgert werden.

Darum ist die Annahme Gottes nicht Dichtung, sondern Induktion. Wir finden ihn durch dieselbe Methode, durch die wir ein Naturgesetz finden; und wenn wir kein Sinnesorgan für seine Wahrnehmung besitzen, so kann dieser Umstand unmöglich gegen seine Wirklichkeit eingewandt werden.

Daß wir Gott nicht sehen, auch durch Fernrohre und Mikroskope nicht sehen, und durch keine chemische Reaktion nachweisen können, ist kein stichhaltiger Einwand gegen seine Existenz. Besäße der Mensch keine Augen, so würde er auch die Dinge dieser Welt nicht sehen können; ihr Dasein wäre darum nicht minder tatsächlich. Die Gedanken der Menschen sind doch sicher etwas Reales; aber wenn wir sie auch in Lauten, Schriftzeichen, Bildern u. s. w. symbolisieren, wenn wir ihre Wirkungen auf die materielle Welt aus Erfolgen fest-

Digitized by Google

stellen können, so sind und bleiben sie selbst jeder sinnlichen Wahrnehmung unzugänglich.

Wir erschließen Gott aus seiner Wirksamkeit, wie wir das Dasein von Materie und Energie, wie wir die Naturgesetze aus ihrer Wirksamkeit erschließen. Man könnte Gott in gewissem Sinne das oberste Naturgesetz nennen. Wenn man aber gesagt hat: es gibt keine Gottheit, weil es keine geben kann, so ist dies in meinen Augen eine wissenschaftliche Frivolität.

Die Naturforschung ergibt eine in Gesetzmäßigkeit waltende und mit sich selbst nicht in Widerspruch tretende, keine gesetzlose und anarchische Gottheit. Sie ist wirksam in der beobachteten Gesetzlichkeit des Geschehens; ihr Begriff vertritt symbolisch ein Geheimnis, durch das die Pflanzen und Tiere hervorgebracht sind. Wenn sie etwas für uns Unbegreifliches bleibt, so ist das nicht zu verwundern; hat doch auch Hume die Kraftäußerungen der Materie unbegreiflich gefunden. Daher ist auch unser Verstand etwas für uns Unbegreifliches, obwohl derselbe, wie die Gottheit, nur im Rahmen der Naturgesetze schafft. Gott ist erhaben über aller Erklärung, weil wir ihn nicht beobachten und beschreiben können, sondern nur seine Taten wahrnehmen.

Schwerlich ist dem Verhältnisse Gottes zur Natur und zu uns, den naturforschenden Menschen, ein schönerer Ausdruck verliehen worden als durch Schiller im Don Karlos:

> Den Künstler wird man nicht gewahr, bescheiden
> Verbirgt er sich in ewige Gesetze.
> Die sieht der Freigeist, doch nicht ihn:
> Wozu ein Gott? spricht er, die Welt ist sich genug!
> Und keines Christen Andacht hat ihn mehr
> Als dieses Freigeists Lästerung gepriesen. —

Ein mir unbegreiflicher Einwurf, der von Gegnern der hier vertretenen Weltanschauung gemacht wird, besteht darin, daß die Naturforschung bei der Annahme Gottes keinen Sinn mehr habe, weil dann nicht Gesetzmäßigkeit, sondern Willkür

Digitized by Google

die Welt regiere. Es könne kein Interesse haben, die Natur unter solchen Umständen noch beobachten und beschreiben zu wollen. Es werde mit der Annahme einer zwecktätigen Gottheit die Voraussetzung des Forschens preisgegeben: die Begreiflichkeit der Natur.

Wie gesagt, ich verstehe diesen Gedankengang nicht. Was die Begreiflichkeit anlangt, so habe ich mich darüber in allgemeinerem Sinne bereits geäußert. Sagt jemand: die Natur wird mir durch die Annahme Gottes unbegreiflich, weil ich Gott unbegreiflich finde, so könnte er mit dem gleichen Rechte argumentieren: die Natur wird mir durch Annahme einer Schwerkraft unbegreiflich, weil ich die Schwerkraft selbst nicht begreifen kann. Ist doch die Schwerkraft auch nicht sinnlich wahrnehmbar, sondern man schließt auf ihr Dasein nur aus gewissen Erscheinungen; ihre Erklärung aber ist noch keinem Physiker gelungen.

Daß bei der Annahme eines Gottes nicht Gesetz, sondern Willkür die Natur regieren würde, zeugt von einer irrigen Auffassung des Gottesbegriffes. Denn nach der von mir entwickelten Anschauung beeinflußt Gott die Natur lediglich in den Formen der Kausalität und im Rahmen der Naturgesetze. So wenig der Geist des Menschen im Telegraph und Telephon, in der von einem Künstler gehandhabten Geige, in der Erzeugung eines Buches mittels der Druckerpresse die Naturgesetze durchbricht, so wenig tat dies Gott in der Erschaffung der zielstrebig sich entwickelnden und zweckmäßig arbeitenden Organismen. Beide, die Gottheit wie der Mensch, lenken die Naturkräfte nach ihrem Willen und mit den Mitteln der Intelligenz. Der Gott der Naturwissenschaft kann so wenig gegen die Naturgesetze handeln, die seine eigenen Gesetze sind, wie der Gott der christlichen Theologie Böses tun kann.

Wenn wir dies zugeben — und das müssen wir, das ist für uns aus den Tatsachen hergeleitete Voraussetzung — dann bleibt die Naturforschung mit Gott so lohnend, wichtig

Digitized by Google

und interessant wie ohne Gott. Kein Zweig der Naturforschung wird dadurch im geringsten beeinflußt werden, weder die Physik, die Chemie, die Astronomie noch die Botanik, die Zoologie und die Physiologie. Daß ich recht habe, beweisen nachstehende Namen großer Naturforscher, die sämtlich überzeugte und ausgesprochene Theisten waren: Galilei, Kepler, Newton, Lavoisier, Liebig, W. Weber, Faraday, Linné, Konrad Sprengel, Cuvier; es wäre diese Liste leicht bedeutend zu vermehren. Aber gerade die allgemeine Anerkennung der unbedingten Gesetzmäßigkeit in der Natur verdanken wir niemanden mehr als den vier zuerst genannten unter jenen Männern.

Nach meiner Überzeugung ist gerade der Atheismus mit einer vorurteilslosen Naturforschung unvereinbar. In der lebenden Natur herrscht keine Anarchie physikalischer und chemischer Energien, sondern diese werden nach zweckmäßig wirkenden, folglich vernünftigen Gesetzen gelenkt. Pflanzen und Tiere bilden hierfür den wichtigsten Prüfstein; die konsequent durchgeführte Theorie einer Maschinenstruktur der Organismen vernichtet den Atheismus. Oder möchte man etwa behaupten, daß auch diese Maschinentheorie lediglich in die Natur hineingetragen, daß sie nicht aus ihr abgelesen sei, und daß sie deshalb keinerlei Beweiskraft enthielte? Dann würde sich der Atheismus mit allen physiologischen Arbeiten der Neuzeit in Widerspruch setzen, die jene Maschinentheorie zur Voraussetzung machen. Dann sage man vor allen Dingen auch, die Naturgesetze seien von uns in die Natur hineingetragen — das aber hieße ungefähr soviel als: man kann und will von der Natur überhaupt nichts wissen.

Darum ist mir der Atheismus auch nur psychologisch verständlich. Er scheint mir auf einer inneren Abneigung gegen die Annahme einer Gottheit zu beruhen, auf der Flucht vor einer unerwünschten Lösung des Welträtsels, auf einer bis ins Pathologische gesteigerten, menschlichen Überhebung. Der Atheismus *will* unter keinen Umständen das Walten

Digitized by Google

einer Gottheit annehmen: folglich darf es auch nicht aus der Natur erschlossen werden. Das ist seine Logik. Darum wird behauptet, eine dem Menschen übergeordnete Weltvernunft könne nicht existieren, weil sie für uns nicht sinnlich wahrnehmbar sei. Natürlich könnte man dann auch leugnen, daß ein anonymer Brief einen Verfasser haben muß. Der Atheismus scheint die Forderung zu stellen, daß Gott, um anerkannt werden zu können, täglich und stündlich für uns Menschen erkennbar in den Mechanismus der Welt eingreifen müsse. Gott macht es dem Atheismus nicht recht, darum soll er nicht existieren.

Ich kann nicht unterlassen, einen drastischen Ausspruch Krönigs hierherzusetzen, den dieser in etwas anderem Zusammenhange gegen F. A. Lange tut:*)

„Dies scheint mir zu heißen: ein Schöpfer muß allen Menschen augenblicklich alle Wünsche erfüllen. Tut er dies nicht, so werden ihm die Menschen in gerechter Vergeltung, je nach dem Grade ihrer Unzufriedenheit, die Existenz ganz oder teilweise aberkennen. Mit demselben Rechte könnte jemand sagen: Mein Schneider muß mir einen Anzug liefern, der mich zum reinen Adonius macht. Widrigenfalls negiere ich seine Existenz und bezahle ihm die Rechnung nicht."

Der Atheismus betrachtet den Menschen ohne Grund als das höchste Wesen im Universum. Welcher Anspruch, welche Selbstüberhebung! Um diesen Anspruch aufrecht zu erhalten, stellt der Atheismus an uns die Zumutung, den Zufall als entscheidendes und lenkendes Prinzip des Naturgeschehens anzunehmen; setzt er leichten Herzens das Dasein der Pflanzen und Tiere mit Einschluß des Menschen auf Rechnung der blindwirkenden Energien, während er sich doch aus allen Kräften der Annahme widersetzen würde, daß das einfachste menschliche Kunstwerk, ein Messer, eine Stahlfeder, ein geflochtener Korb aus Zufall und lediglich durch jene Energien entstanden sein könne. Lassen wir darum den Atheismus auf sich beruhen.

*) l. c. S. 285.

Digitized by Google

Wenn wir das Dasein Gottes aus der Natur erschließen, so ist umgekehrt die Natur eine Offenbarung Gottes. Die Offenbarung der Weltvernunft in den Naturgesetzen und speziell in den Pflanzen und Tieren ist allerdings eine tägliche und stündliche. Wir werden aber zu dem Schlusse gedrängt, daß diese Offenbarung nicht zu allen Zeiten die gleiche gewesen ist, sobald wir eine Phase der Erdgeschichte annehmen, in der unser Planet noch nicht mit Organismen bevölkert war. In der Schöpfung der Urzellen, oder, wenn man es lieber allgemeiner ausdrücken will, der ersten, elternlosen Organismen vollzog sich ein Akt, der ganz der Vergangenheit angehört und nur in seinen Folgen in die Gegenwart hineinragt. Doch die Fortpflanzung und Fortbildung der Organismen bis auf den heutigen Tag ist nicht weniger bewunderungswürdig als jene Schöpfung; und darum offenbart sich Gott in den Pflanzen und Tieren, wie der Geist des Menschen sich offenbart in der elektrodynamischen Maschine, in einer Symphonie, in einer Statue. Wie diese Kunstwerke eine Äußerung des Menschen sind, so ist die belebte Natur eine Äußerung Gottes, durch die er in seiner Sprache zu uns redet.

Für die Naturforschung ist dies die einzige Offenbarung Gottes. Ob es noch andere Offenbarungen gibt, ob sie möglich sind, ist im Rahmen einer Weltansicht nicht zu erörtern, die auf naturwissenschaftlicher Grundlage ruht. Das Gebiet der Naturforschung liegt diesseits von Gut und Böse. Darum ist auch auf die innere Empfindung des Menschen nicht einzugehen, von der Goethe sagt:

„Ganz leise spricht ein Gott in unsrer Brust.
Ganz leise, ganz vernehmlich zeigt er an,
Was zu ergreifen ist und was zu fliehn."

Die Geschichte beweist und erhebt zur unwiderleglichen Wahrheit den Willen Gottes, daß die Menschen ihre Weltanschauung beziehungsweise ihre Religion selbst suchen und finden sollen. Legte die Gottheit das geringste Gewicht

Digitized by Google

darauf, daß die Menschen eine bestimmte, gemeinsame Religion hätten, es wäre ihr zweifellos eine Kleinigkeit, diese Normalreligion in festen Bestimmungen kund zu tun. Weil dies aber nicht geschieht, weil es zahllose Religionen und Konfessionen gibt, von denen jede den Anspruch erhebt, die richtige zu sein, so folgere ich daraus mit Goethe:*)

„Das Licht ungetrübter göttlicher Offenbarung ist viel zu rein und glänzend, als daß es den armen, gar schwachen Menschen gemäß und erträglich wäre."

Ich brauche wohl kaum daran zu erinnern, daß Jesus Christus sich in gleichem Sinne ausgesprochen hat. —

Es ziemt, uns an der erkennbaren Form der Offenbarung genügen zu lassen, und wir haben Anlaß, uns solcher Offenbarung zu freuen. Auch an diesem Punkte trifft Goethe den Nagel auf den Kopf, wenn er sagt:

„Ich glaube an einen Gott! Dies ist ein schönes, löbliches Wort; aber Gott anerkennen, wo und wie er sich offenbare, das ist eigentlich die Seligkeit auf Erden."

* * *

Wir werden nunmehr zu der Frage gedrängt, welche Vorstellung die Naturwissenschaft vom Wesen Gottes geben kann. Ich beginne die Untersuchung durch Anführung dreier Worte von Goethe, dessen Urteile immer durch den Naturforscher beeinflußt werden, der in ihm steckt. Das erste lautet:*)

„Gott hat sich nach den bekannten imaginierten sechs Schöpfungstagen keineswegs zur Ruhe begeben, vielmehr ist er noch fortwährend wirksam wie am ersten."

Das andere:

„Was wär ein Gott, der nur von außen stieße,
Im Kreis das All am Finger laufen ließe!
Ihm ziemt's, die Welt im Innern zu bewegen,
Natur in sich, sich in Natur zu hegen,
So daß, was in ihm lebt und webt und ist,
Nie seine Kraft, nie seinen Geist vermißt."

*) Gespräch mit Eckermann am 11. März 1832.

Digitized by Google

Das dritte heißt:*)

„Ich frage nicht, ob dieses höchste Wesen Verstand und Vernunft habe, sondern ich fühle, es ist der Verstand und die Vernunft selber . . . . . Alle Geschöpfe sind davon durchdrungen, und der Mensch hat davon so viel, daß er Teile des Höchsten zu erkennen vermag."

Aus diesen Äußerungen folgt, daß Goethe sich Gott nicht nur als transzendent der Natur gegenüberstehend, sondern auch als immanent in der Natur wirkend denkt. Dies ist meines Dafürhaltens die einzige Ansicht, welche für den Naturforscher möglich ist. Sie entspricht der Auffassung, welche durch die ganze Beweisführung dieses Buches sich wie ein roter Faden hindurchzieht. Gott vereinigt in seinem Wesen den Erfinder und den Werkmeister. Er lebt in der Natur wie der Geist des Erfinders und des jeweiligen Anfertigers in jeder Maschine. Er steht aber den Organismen und damit der Natur auch transzendent gegenüber, wie Edison dem einzelnen Telephon gegenüber transzendent dasteht. Erläutert man die Mechanik des Telephons, so braucht Edison dabei nicht genannt zu werden. Das Wort „Gott" ist ein Symbol für die Summe jener intelligenten und gestaltenden Kräfte, die transzendent und immanent zugleich sind, aus der Transzendenz die Immanenz erzeugen.

Darin liegt die Abweisung des Pantheismus, der nur einen der Natur immanenten Gott anerkennt. Denn der Pantheismus, welcher Gott als die Ordnung in der Natur definiert, macht die Annahme Gottes eigentlich überflüssig. Mit dem Pantheismus ist auch die Maschinenstruktur der Pflanzen und Tiere unvereinbar; denn vom Begriffe einer Maschine läßt sich der Erfinder und der Werkmeister nicht trennen. „Zur Konstruktion einer Maschine," sagt Krönig**), „die ohne Nachdenken eine gewisse Arbeit verrichtet, ist mehr Nachdenken erforderlich als zur Verrichtung derselben Arbeit

*) Gespräch mit Eckermann am 23. Februar 1831.
**) l. c. S. 145.

Digitized by Google

ohne Maschine." Für diese intelligente Tätigkeit des Konstrukteurs ist im Systeme des Pantheismus kein Platz.

Nach dem Pantheismus müssen Intelligenz und Zwecktätigkeit zu den allgemeinen, ewigen Eigenschaften der Materie gehören. Dem widersprechen die Tatsachen, welche lehren, daß die sich selbst überlassenen Energien, sobald sie nicht gerichtet und gelenkt werden, nur chaotische Zustände schaffen, doch keinen Kosmos. Die Entwicklung einer assimilierenden Pflanze, eines Tiers aus dem Ei mit ihren erst nach und nach zur Ausbildung gelangenden zwecktätigen Apparaten läßt sich unmöglich zurückführen auf zwecktätige Eigenschaften der Atome und Moleküle, die jene Apparate zusammensetzen.

Darum ist der Pantheismus auch unvereinbar mit der Annahme, daß die ersten Organismen aus anorganischem Material gebildet wurden. Und selbst wenn man die Thomson-Helmholtzsche Hypothese zur Grundlage der Pflanzen- und Tierwelt unseres Planeten machen wollte, würde dadurch der Pantheismus keineswegs gerettet. Die Keime, welche nach jener Hypothese aus fernen Welten auf unsere Erde gehagelt sein sollen, müßten Entwicklungsdominanten in sich bergen, welche durch Hineinbeziehung immer neuer Kohlenstoff- u. s. w. Atome in den organischen Kreislauf die ganze Fülle der lebendigen Geschöpfe hervorgebracht hätten, die wir kennen, und sie würden dadurch immer wieder auf eine transzendente Kraft zurückweisen.

Der radikale Pantheismus erklärt Gott und Welt für identisch. Dazu bemerkt Krönig:*)

„So viel Mühe ich mir oft gegeben habe, die Lehre des Pantheismus zu begreifen, so hat es mir doch nie gelingen wollen. . . . . Die pantheistische Lehre ist, wie mir vorkommt, etwa ähnlich der Behauptung, Punsch und Milchsuppe seien identisch. Die beiden miteinander in Verbindung zu bringenden Begriffe — im ersten Falle die Welt und Gott, im zweiten Falle Punsch und Milchsuppe — werden als bekannt vorausgesetzt. Dann kommt

*) l. c. S. 278.

Digitized by Google

der Philosoph und lehrt die ganz neue und unerwartete Wahrheit, daß jene beiden bis dahin für mehr oder weniger heterogen gehaltenen Dinge einander gleich seien."

Bleiben wir darum beim Gottesbegriff des Theismus, wie ich ihn oben in Anlehnung an die Auffassung Goethes umgrenzt habe. —

Wenn uns der Begriff Gott ein Symbol ist, so brauchen wir deshalb noch keine Personifikation damit zu verbinden. Auch der Begriff der Kraft ist ein Symbol für wirkende Ursachen, doch keine Personifikation. Toleriert die Naturwissenschaft den Begriff der Kraft, so muß sie auch den Begriff Gottes ertragen können. „Kraft" ist keineswegs begreiflicher als „Gott".

Darum hat auch der Vorwurf keinen Sinn, daß der Begriff Gott, wie er hier gefaßt wird, ein verwerflicher Anthropomorphismus sei. Ich kenne keinen in unserer Sprache ausdrückbaren Begriff, der nicht bis zu einem gewissen Grade anthropomorph wäre. In dieser Beziehung ist der Mensch das Maß der Dinge, ein Satz, dessen unbedingte Gültigkeit ich sonst nicht zugebe. Denken und reden wir nicht in menschlicher Sprache, und ist diese etwa nicht anthropomorph? Denn die Sprache der Dinge sind ihre Eigenschaften, mit denen sie auf unsere Sinnlichkeit wirken.

Selbstverständlich bleibt es dem einzelnen unbenommen, seiner Phantasie nachzugeben und sich Gott so anthropomorph vorzustellen, wie er will, in jedem beliebigen Grade; selbst der Polytheismus würde sich durch die Naturforschung nicht ausschließen lassen. Will jemand sich Gott Vater denken, wie Michelangelo ihn an die Decke der Sixtinischen Kapelle gemalt hat, gut. Jedermann hat das Recht, seine Phantasie walten zu lassen. Wissenschaftlich kommt dies nicht in Betracht.

Es geht mit dem Studium der Gottheit wie mit dem der Prähistorie. Wir sehen die Werke, die Gerätschaften, Gefäße, Waffen und Schmuckgegenstände der Ureinwohner eines Landes; aber die Geschichte ihrer Verfertiger bleibt uns ein Rätsel.

Digitized by Google

Die Phantasie wird immer geneigt sein, in ihren Dichtungen Gott nach dem Bilde des Menschen zu gestalten. Darin kann ihr die Naturwissenschaft nicht folgen. Ihre Ableitung des Daseins Gottes aus den Eigenschaften der Pflanzen und Tiere gestattet keinen Schluß auf das Wesen Gottes. Die Naturwissenschaft vermag nur zu erkennen, daß Gottes Intelligenz und seine Macht größer sind als die des Menschen; denn kein Mensch kann eine Trüffel, eine Rose oder einen Sperling, nicht einmal eine Zelle aus ihren Bestandteilen bilden.

Wenn wir eine schöpferische Intelligenz beziehungsweise Gott als letzten Grund der zweckmäßigen Organisation der Pflanzen und Tiere annehmen, so führt die einzige konsequente Vorstellung von Gottes Walten zu der Überzeugung, daß er auch das Organ unseres Erkennens vernünftig eingerichtet habe, daß also unsere Vorstellungen von den Dingen im großen und ganzen richtig sind. Wir brauchen die Vorstellungen nicht Bilder zu nennen; jedenfalls sind sie Übersetzungen aus der Sprache der Dinge in die Sprache unserer Wahrnehmung, unseres Denkens. Daß aber diese Übersetzungen schlecht seien, erscheint mir unglaublich. Unsere Sinneswerkzeuge und unser Gehirn sind einem richtigen Erkennen angepaßt, wie alle Organe der Tiere und Pflanzen ihren Lebensverhältnissen.

Ich berühre mich hier mit einem Gedanken von Cartesius.*) Derselbe erklärt, daß Gott wahrhaftig sei. Es wäre also ein Widerspruch, wenn er uns täuschte oder die Ursache unseres Irrens wäre; denn wenn auch Betrügen-können als Beweis der Klugheit erscheinen könne, so sei doch Betrügenwollen ein Beweis von Bosheit. Unsere Vernunft könne folglich nie ein Objekt erfassen, welches nicht wahr wäre, sofern es wirklich von ihr erfaßt, d. h. sofern es klar und deutlich erkannt wird. Denn Gott wäre mit Recht ein Be-

*) Vgl. Schwegler, Geschichte der Philosophie. S. 178.

Digitized by Google

trüger zu nennen, wenn er uns eine so verkehrte Vernunft gegeben hätte, daß sie das Falsche für wahr hält. Zu jeder sicheren Erkenntnis sei es hinreichend, daß wir eine Sache klar und deutlich erkannt haben, und dabei der Existenz des nicht täuschenden Gottes gewiß sind.

Wenn wir schließlich fragen, ob und inwieweit in der Naturwissenschaft selbst der Gottesbegriff zu berücksichtigen sei, so lautet die Antwort: die Naturwissenschaft reicht nur bis an die Grenzen der Theologie, nicht weiter. Keinerlei Übereinandergreifen des Umfanges beider Wissenschaften darf zugelassen werden, keinerlei theosophische Spekulation oder Dichtung auf dem Gebiet der Naturforschung ist statthaft. Wie in der Technologie nicht vom Mechaniker, so ist auch in der Naturgeschichte nicht von Gott die Rede. Das mag in der Weltforschung geschehen, deren Umfang weit über den Rahmen der Naturforschung hinausgreift. Napoleons Laplace gegenüber ausgesprochenes Befremden, daß in seiner Mécanique céleste das Wort Gott nicht vorkomme, war unbegründet; in Laplaces Werk brauchte Gott so wenig vorzukommen wie im Exerzierreglement. Hätte ich ein Handbuch der allgemeinen Physiologie zu schreiben, so würde das Wort Gott darin gleichfalls fehlen. Nur ein indirekter Zusammenhang zwischen dem Dasein Gottes und den Problemen der Physiologie besteht in der Lehre von den Gestaltungs- und Arbeitsdominanten; sie sind Faktoren, mit denen die Biologie zu rechnen hat. Das geschieht tatsächlich auch ganz allgemein, indem z. B. „innere Wachstumsursachen" in der Pflanzenphysiologie eine bedeutsame Rolle spielen und definiert werden als Bedingungen der Entwicklung, die sich physikalisch und chemisch nicht erklären lassen. Will ein Biologe Atheist sein und bleiben, so bleibt es ihm überlassen, sich auf eine ihm zusagende Art mit der Tatsache der Dominanten in seiner Weltanschauung abzufinden, — wenn er nicht vielleicht lieber ganz auf eine konsequente Weltanschauung verzichtet.

Gerade weil Gott in der Natur lediglich in den Formen

Digitized by Google

der Kausalität wirkt, so kann er in der Naturwissenschaft selbst außer Betracht bleiben. Damit ist die Grenze gegen die Theologie festgelegt. Suum cuique.

Auch kann aus der durch die Naturforschung erschlossenen Erkenntnis des Daseins Gottes der Quell irgend welcher Religion nicht fließen. Keplers, von Julius Sturm poetisch formulierter Gedanke:

Mein höchster Wunsch ist hier auf Erden,
Den Gott, den in der Welt ich fand,
Auch in mir selbst gewahr zu werden

ist menschlich gewiß berechtigt, doch auch nur menschlich, nicht naturwissenschaftlich. Denn ein kausaler Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Religion besteht nicht, namentlich wenn man Goethes Auffassung der Religion zustimmt:

„Die eigentliche Religion bleibt ein Inneres, ja Individuelles, denn sie hat ganz allein mit dem Gewissen zu tun, dieses soll erregt, soll beschwichtigt werden. Erregt, wenn es stumpf, untätig, unwirksam dahinbrütet; beschwichtigt, wenn es durch reuige Unruhe das Leben zu verbittern droht."

Digitized by Google

Kapitel 36.

Die mosaische Schöpfungslehre.

Die vergleichende Religionsforschung der Gegenwart scheint sich dem Ergebnisse zuzuneigen, daß die primitiven religiösen Vorstellungen, besonders die Anfänge des Götterglaubens, bei den barbarischen und wilden Völkern in allen Erdteilen und zu allen Zeiten ähnliche gewesen sind. Wie die prähistorischen Funde an Waffen und Gerät aller Art lehren, herrschte einst bei den Vorläufern der heutigen Indogermanen eine Technik der Lebenshaltung, welche an Unvollkommenheit derjenigen der gegenwärtig lebenden Papuas, der unzivilisiertesten Neger- und Indianerstämme vergleichbar ist. Daraus zog man den kühnen Analogieschluß, daß auch die ursprünglichsten religiösen Regungen der Seele bei den Urahnen der Indogermanen, Semiten u. s. w. dem unvollkommenen religiösen Empfinden und Treiben der uns heute bekannten Naturvölker verwandt waren und darum vergleichbar sind. Man glaubt Indizienbeweise für die Richtigkeit dieser Hypothese, daß die Kulturvölker einst die Entwicklungsstufe jener Wildenregion durchgemacht haben, darin zu finden, daß auch in den Religionen der bereits zu mehr oder weniger hoher Kulturstufe sich durchgerungen habenden Völker noch Reste, noch Spuren jener primitivsten Naturreligion nachweisbar sind.

Diese bei allen Stämmen des Menschengeschlechts ähnliche Urreligion bestand nach jener Theorie in einem Schatten- und Dämonenkultus, der vielfach in Fetischdienst sich äußerte.

Digitized by Google

Furcht vor umherflatternden Resten der Verstorbenen, deren blühendes Leben man sich nicht plötzlich vernichtet denken konnte, vermengte sich mit abergläubischen Vorstellungen aller Art, die nicht zum geringsten Teile in unvollkommener Naturbeobachtung wurzelten. In langsamem Läuterungsprozesse entwickelte sich aus dieser Götterdämmerung bei den Kulturvölkern des Altertums die leuchtende Welt der Mythen, wie sie uns in voller Farbenpracht, z. B. in der homerischen Theologie, aufbewahrt ist; während Völker, die das Los traf, im Dunkel der Barbarei zu verharren, bis auf den heutigen Tag unfähig waren, sich aus dem Garn der im Finstern waltenden Dämonenwelt loszuwickeln.

Lassen wir diese Hypothese vom einheitlichen Wesen der Urreligion aller Völker als die zur Zeit am meisten einleuchtende einmal gelten, so muß sie auch auf die ursprünglichen semitischen Stämme Anwendung finden. Auch dies kann nur ein Analogieschluß sein; denn was uns in den Denkmälern der Assyrier und Babylonier sowie der ihnen wenigstens geographisch nahestehenden Ägypter von religiöser Anschauung und Gebräuchen überliefert wird, trägt schon den Stempel einer vergleichsweise hohen Kultur; wenn auch der so verbreitete Tierkultus als Rest einstiger Urreligion gedeutet werden kann. Wie dem aber auch sein mag: in der mosaischen Schöpfungslegende weht uns die Morgenluft einer neuen Weltanschauung entgegen, vor deren frischem Hauche die Schatten der Nacht wie Nebelgebilde zerflattern.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, zu untersuchen, inwieweit Moses in seiner Kosmogenie ältere Überlieferungen und Vorbilder benutzt hat; ob er selbst als persönlicher Pfadfinder oder, wie es neuerdings mit Homer geschieht, nur als Typus, als Repräsentant einer bereits vor ihm auskristallisierten Naturansicht aufzufassen ist. Ich nehme ihn, wie ihn das alte Testament überliefert.

Moses ist eine der imposantesten Persönlichkeiten der Menschheitsgeschichte, gleich groß als Führer seines Volkes,

Digitized by Google

als Gesetzgeber und als wissenschaftlicher Denker. Wenn er uns anders erscheint, so kommt das nur daher, daß wir schon in der Kinderstube zuviel von ihm hörten. Wer die Macht und den Zauber seiner Größe fühlen will, der gehe nach Rom und versenke sich in die Betrachtung seines von Michelangelo geschaffenen Bildnisses. Michelangelo hat in Marmor nachzudichten versucht, was er bei seinem Studium der Schriften des Moses empfand. Diese Statue bezeichnet einen Gipfelpunkt menschlicher Kunst; aber nur der Größten einer vom sterblichen Geschlechte der Menschen konnte den größten Künstler der Renaissance zu solchem Werke begeistern, seine Hand zu solchem Schaffen beflügeln.

„Er sitzt da, als wollte er eben aufspringen, das Haupt stolz aus den Schultern in die Höhe gereckt, mit der Hand, unter deren Arme die Gesetzestafeln ruhen, in den Bart greifend, der in schweren Strömen auf die Brust sinkt, mit weit atmenden Nüstern und mit einem Munde, auf dessen Lippen die Worte zu zittern scheinen. Ein solcher Mann vermochte wohl ein empörtes Volk zu dämpfen und wie ein wandelnder Magnet es mitten durch die Wüste und durch das Meer selber sich nachzuziehen." *)

Ein solcher Mann vermochte aber auch eine Weltanschauung zu schaffen, die mit dem Spuk der Dämonen aufräumend nicht nur die Geleise religiösen Denkens und Fühlens seines Volkes bis auf den heutigen Tag festlegte, sondern auch in dem Teile dieser Weltanschauung, der uns hier allein interessiert, in seiner Naturansicht der denkenden Menschheit ein Vermächtnis hinterließ, das heute noch unantastbar dasteht.

Die moderne Wissenschaft hat nur Anlaß, dieser Naturauffassung des Verfassers der Genesis Bewunderung zu zollen. Als klassischen Zeugen dafür nenne ich einen ihrer vornehmsten Vertreter, K. E. von Baer, der folgenden Ausspruch tut:**)

---

*) Herman Grimm, Michelangelo. I, S. 359.

**) Studien S. 465.

Digitized by Google

„So erscheinen denn auch die Angriffe auf die mosaische Schöpfungsgeschichte als komische Anachronismen, da schon längst die neuere Naturwissenschaft sich mit derselben zurechtgefunden hat. Wenn man sie nicht ganz wörtlich, sondern dem Wesen nach nehmen will, muß man gestehen, daß eine erhabenere aus alter Zeit uns nicht überkommen ist und kaum gegeben werden kann. Setzt man bei dem ersten Auftreten des Menschen den Erdenstaub um in irdischen Stoff, so würde es heißen, daß der Mensch aus belebtem irdischen Stoff aufgebaut ist, und über diese Wahrheit ist die Naturwissenschaft nicht hinausgekommen."

Das erste Kapitel der Genesis geht aus von einer Interpretation der Natur. Das ist kein Hirngespinst, keine Phantasterei, sondern ein Ergebnis auf Beobachtung gegründeten Denkens. Moses hat in seiner Naturansicht eine Induktion von größter Tragweite ausgeführt. Er sucht logische Ordnung in das Chaos der Erscheinungen zu bringen. Darum ist auch der mosaische Gottesbegriff ein wissenschaftlicher. Wohl hat Moses die Kosmologie in das Gewand der Dichtung gekleidet. Aber durch und durch verständig ist diese Naturlehre. Er konnte die Natur doch nur sehen, wie es seiner Zeit entspricht, und nicht etwa der unsrigen. Nirgends hat er behauptet, daß Gott die Welt aus Nichts geschaffen habe; dagegen wird durch die Gliederung der Schöpfung in das Sechstagewerk das Entwicklungsprinzip begründet. Darum bedeutet die mosaische Lehre den wichtigsten Fortschritt menschlicher Erkenntnis; der Atheismus ist ein Rückfall in prämosaische Barbarei.

Die wüste Erde; die Sonderung des Wassers aus der Atmosphäre, die Trennung von Meer und Festland; die Aufeinanderfolge in der Entwicklung der Pflanzen, der Wasser- und Landtiere, endlich des Menschen sind merkwürdige Funde dichterischer Intuition; wie wenn er hätte ahnen können, was unser Jahrhundert als Wissenschaft verkündigt. Ihm einen Vorwurf zu machen aus seiner Theorie der Erschaffung des Lichts und der Gestirne wäre kindisch; denn es ist so begreiflich wie möglich, daß sein Nachdenken ihn zu jenen irrtümlichen

Digitized by Google

Vorstellungen führte. Denken wir uns die Welt einmal viertausend Jahre älter als sie jetzt ist und das Naturerkennen des Menschen vorgeschritten wie bisher: welche Irrtümer wird man dann uns Lebenden nachweisen, die uns trotzdem nicht zur Unehre gereichen können.

Alles, die Erde und was sie bevölkert, läßt Moses hervorgebracht sein durch eine machtvolle Weltvernunft, die er Elohim nennt, welches Wort Luther durch Gott übersetzt hat. So fällt seine Lehre in ihrem Kern mit der Auffassung zusammen, die in diesem Buche vertreten wird. Ob die Pflanzen und Tiere als Keime oder als fertige Wesen geschaffen wurden, ist eine Frage, die Moses noch nicht gestellt hat. Sie ist auch von untergeordneter Bedeutung, sobald wir berücksichtigen, daß zur Erschaffung eines fertigen Löwen schwerlich ein höherer Aufwand von Intelligenz gehört, als zur Erschaffung einer Urzelle, aus der sich im Laufe sehr langer Zeiten mit Notwendigkeit ein Löwe entwickeln mußte. Das folgerichtig durchgeführte Entwicklungsprinzip in Verbindung mit unserer paläontologischen Erfahrung und unserem Bestreben, nicht mehr transzendente Eingriffe der kosmischen Vernunft in den Weltlauf anzunehmen, als nötig ist, läßt uns in der Gegenwart Stehende der Schöpfung der Urzellen den Vorzug geben.

Eine Konsequenz des Entwicklungsprinzips ist auch die Kant-Laplacesche Theorie. Sie entspricht dem Wissen des achtzehnten Jahrhunderts und der Schwelle des zwanzigsten wie das Wort Moses: „Im Anfang schuf Gott Himmel und Erde" der Anschauung seiner Zeit. Keineswegs behauptet Moses, Gott habe die Welt aus Nichts geschaffen, wie ihm das wohl in die Schuhe geschoben ist. Dennoch wäre die Hypothese einer Schöpfung aus Nichts für Moses Standpunkt zulässig gewesen; für den unsrigen ist sie es nicht mehr, da wir das Gesetz der Erhaltung als das umfassendste Naturgesetz kennen. Dies Gesetz sagt aus, daß der im Universum vorhandene Vorrat von Energie und Materie unveränderlich ist. Nun wissen wir, daß zahlreiche Energieformen in ein-

Digitized by Google

ander umgewandelt werden können, ohne daß ihr numerischer Betrag sich dabei ändert. Wir kennen aber keinen Fall, in welchem Materie aus Energie oder Energie aus Materie entstanden wäre, obgleich die neueste physikalische Theorie auch die Materie als eine Energieform zu deuten gewagt hat.

Die Nichtüberführbarkeit von Energie in Materie ist Ergebnis unserer irdischen Erfahrung. Wer aber möchte sich unterwinden, zu behaupten, daß diese Erfahrung ausreicht? Die Theorie setzt wohl einen unteren Nullpunkt der Temperatur, nicht aber einen oberen. Nicht die leiseste Ahnung haben wir davon, was aus dem Wasserstoff, dem Sauerstoff u. s. w. werden könnte, wenn man dieselben einer Hitze von einer Million Grade aussetzen würde. Ob bei solcher Temperatur die Elemente sich nicht zu einer Energieform verflüchtigen würden, die für den Menschen nicht erkennbar ist, weil er kein Organ und kein Mittel für ihre Wahrnehmung besitzt? Wer sagt uns ferner, ob nicht Teile des Weltraums erfüllt sind von solcher unbekannten Energie — z. B. Strahlungsenergie von einer Trillion Schwingungen in der Sekunde? Solche Energieform würde für uns nicht erkennbar sein; aber warum soll sie nicht existieren können? Was hindert uns anzunehmen, daß solche unsichtbare Energie durch eine kosmische Katastrophe verdichtet wurde zu einem Ballen gasförmiger Materie, wie Kant und Laplace ihn als Anfang unseres Sonnensystems setzen? Denn woher diese Urmaterie stammt, deren jene Theorie bedarf, bleibt ganz unerklärt, nur ihr Dasein wird vorausgesetzt. Ist es doch auch für uns ein Rätsel, warum nicht alle Materie längst in den endlosen Weltraum verdampft ist und sich gleichmäßig in Gasform darin verteilt hat.

Wie es in der menschlichen Technik darauf ankommt, Energie zusammenzuraffen und an einen Ort zu werfen, wo sie in bestimmter Richtung tätig ist, so könnte auch ein Sonnensystem unter der Einwirkung einer kosmischen Gewalt aus einem unsichtbaren Prinzipe hervorgegangen sein. Wenn wir der Weltvernunft eine weit über menschliche hinausgehende

Digitized by Google

Macht beilegen, wäre dies vorstellbar; da nicht ausgeschlossen ist, daß es noch Energieformen gibt, von denen wir gegenwärtig nichts ahnen. Menschlich gesprochen, muß uns die Erschaffung von Materie aus Energie oder die Zerstäubung von Materie in Energie immer noch leichter erscheinen, als die Erschaffung einer Zelle aus toter Materie; der Erfahrung aber ist beides in gleicher Weise entrückt.

Das Erhaltungsgesetz würde bei einer so gedachten Schöpfung eines Sonnensystems so wenig durchbrochen werden, wie bei der Tätigkeit menschlicher Vernunft, wenn sie Röntgenstrahlen erweckt oder Sauerstoff in feste Form überführt. Die Erschaffbarkeit und damit auch die Zerstörbarkeit von Materie ist im Prinzipe begreiflich und vorstellbar; die Erschaffung von Energie aus nichts würde es nicht sein.

Ich komme zur Frage der mosaischen Schöpfungstage. Auf die kindliche Vorstellung, daß es sich hierbei um Kalendertage von 24 Stunden unserer Zeitrechnung handeln könne, brauche ich wohl um so weniger einzugehen, als jene Zeiteinteilung durch die Anfänge astronomischer Tätigkeit des Menschen gebildet wurde. Die Schöpfungstage können nur Perioden markieren, deren astronomische Dauer gänzlich dahinsteht. Wir können sie auch deuten als Phasen des Eingreifens kosmischer Intelligenz in den Weltlauf. Wenn wir bei Moses sechs Schöpfungstage finden, so ist dies ein Ausfluß seiner naiven Vorstellungen, die wohl noch beeinflußt wurden durch das praktische Bedürfnis der Abgrenzung einer menschlichen Arbeitswoche. Wir können uns in unserer sachlichen Abwägung der Verhältnisse durch jene Sechszahl natürlich nicht beeinflussen lassen.

Dubois-Reymond, der in früheren Reden die Entgötterung der Natur als Errungenschaft pries, ist in seinem Schwanengesange, dem letzten in der Berliner Akademie gehaltenen Vortrage über den Neo-Vitalismus (28. Juni 1894) zur Diskussion der Schöpfung zurückgekehrt. Es war das ein bemerkenswertes Zeichen des in seinem wissenschaftlichen

Digitized by Google

Denken eingetretenen Umschwunges. Dubois gelangt zur Annahme nur eines Schöpfungstages als der einer „göttlichen Allmacht" würdigsten Vorstellung. Das ist allerdings ein überaus menschlicher Maßstab. Doch hören wir Dubois selbst:

„Ihrer (d. h. der göttlichen Allmacht) würdig allein ist sich zu denken, daß sie vor undenklicher Zeit durch einen Schöpfungsakt die ganze Materie so geschaffen habe, daß nach den der Materie mitgegebenen unverbrüchlichen Gesetzen da, wo die Bedingungen für Entstehen und Fortbestehen von Lebewesen vorhanden waren, beispielsweise hier auf Erden, einfachste Lebewesen entstanden, aus denen ohne weitere Nachhilfe die heutige Natur von einer Urbazille bis zum Palmenwalde, von einem Urmikrococcus bis zu Suleimas holden Gebärden, bis zu Newtons Gehirn ward . . . So kämen wir mit einem Schöpfungstage aus und ließen ohne alten und neuen Vitalismus die organische Natur rein mechanisch entstehen."

Ich glaube, daß dieser Monismus der Schöpfungstage psychologisch motiviert ist durch jenen Drang des Menschen zum Einfachsten, der ihn auch zur Idee des Monismus im allgemeinen getrieben hat. Ich habe darüber im 34. Kapitel gesprochen und möchte auch hier hervorheben, daß es für uns darauf ankommt, zu prüfen, ob solche monistische Vorstellungen mit den Tatsachen, mit dem Maßstabe der Wahrheit, den wir überall anlegen müssen, sich besser vertragen als andere, oder ob wir in ihnen geheimen Wünschen der Seele zu weit nachgeben.

In Bezug auf die Schöpfungstage kann ich die eigene Ansicht in Kürze zusammenfassen: Mit einem Akte komme ich nicht aus, ich brauche deren mindestens zwei. Ich kann mir schlechterdings nicht vorstellen, daß im glutflüssigen Sonnensysteme bereits die Anlage der ersten Lebenskeime enthalten gewesen wäre. Denn bei der herrschenden ungeheuren Temperatur wirbelten die Atome ziellos durcheinander, kaum noch beeinflußt von den chemischen Zugkräften, höchstens durch die Gravitation. Damit ist die Anlage zu einer Zelle unvereinbar; die zielstrebigen Bewegungen, welche die Stoffe zu Protoplasma zusammenzwangen, wurden erst möglich, als sich

Digitized by Google

die Erde auf eine der jetzigen nahekommende Temperatur abgekühlt hatte. Allein milde Wärme und ein allenfalls etwas höherer Kohlensäuregehalt der Luft konnten niemals die chemische Energie der anorganischen Substanzen zur Zellbildung veranlassen. Es ist ganz und gar nicht einzusehen, warum dann nicht eine solche Luftmischung und eine Temperatur von 30 Grad in unseren Laboratorien die gleiche Wirkung ausüben sollten. Darum erscheint mir die Annahme eines zweiten Schöpfungstages unabweisbares Erfordernis, um die Gestaltung der Materie zu Zellen begreiflich erscheinen zu lassen.

Ob wir aber mehr als zweier Schöpfungstage bedürfen? Die Frage ist schwieriger zu beantworten. Daß Materie denkt, ist gewiß etwas anderes, als daß Materie assimiliert und atmet. Sollte auch die Fähigkeit zu denken nur durch einen eigenen Schöpfungsakt hervorgebracht sein können?

Auch die vorurteilsloseste Überlegung führt an diesem Punkte nicht aus den Zweifeln heraus. Daß im Gehirn das Organ unseres Denkens gegeben ist, wird niemand beanstanden; daß die Rudimente geistigen Lebens schon in der Tierwelt sich zeigen, ist bedingungslos anzuerkennen. Warum sollte da nicht bei Annahme des Deszendenzprinzips auch der Mensch als Krone der Schöpfung eine der aus den Urzellen aufsteigenden Entwicklungsreihen zum Abschlusse führen und in den Eigenschaften seiner Seele, wie Moses es so schön und poetisch ausspricht, das Ebenbild Gottes zur Darstellung bringen? Dann müßte der Keim aller dieser Eigenschaften bereits einer Urzelle eingehaucht gewesen sein, wie er unzweifelhaft jedem menschlichen Ei und jedem menschlichen Samenfaden innewohnt. Die Zweizahl der Schöpfungstage würde somit anscheinend genügen.

Am Ende der Tertiärzeit ist der Mensch auf Erden erschienen, das ist nicht zu bezweifeln. Paläontologische Vorläufer desselben kennen wir nicht; was man für solche ausgegeben hat, läßt auch die Deutung zu, daß es Reste menschenähnlicher Affen sind. Außerdem sind die überhaupt in Betracht kommen-

Digitized by Google

den Reste viel zu unvollkommen, um für die Lösung der wichtigsten paläontologischen Frage auszureichen, und höchstens eine sanguinische Phantasie mag sich daran genügen lassen. Als ernster Mahner zur Vorsicht steht Rudolf Virchows ehrwürdige Gestalt noch mitten unter uns.*) Immer von neuem erhebt er warnend seine Stimme, nicht Wünsche mit Tatsachen zu verwechseln. Von sicherem Wissen sind wir hier weit entfernt; und durch die Einbildungskraft dürfen wir uns über diese Unsicherheit nicht hinwegtäuschen lassen.

Vorurteilsloses Nachdenken wird wiederum zugeben müssen, daß, wenn die Weltvernunft in eine einmalige Erschaffung von Urzellen bereits die Anlage zum Menschen hineinlegte, der hierfür erforderliche Aufwand von intelligenter Kraft nicht geringer gewesen sein kann, als wenn sie einen fertigen Menschen aus lebllosem Stoffe hervorbrachte, wie Moses es sich dachte. Denn die Größe der Arbeitsleistung ist die gleiche, ob ich einen Haufen Steine an einem Tage einen Berg hinauftrage, oder ob ich mir drei Jahre dazu gönne; die Zeitdauer ist darauf ohne Einfluß.

Goethe empfand in der Vorstellung einer direkten Erschaffung zahlreicher Menschen keine Schwierigkeit für seine Weltansicht; er sagt:**)

„Ich behaupte, daß die Natur sich immer reichlich verschwenderisch erweise, und daß es weit mehr in ihrem Sinne sei, anzunehmen, sie habe statt eines einzigen armseligen Paares die Menschen gleich zu Dutzenden, ja zu Hunderten hervorgehen lassen. Als nämlich die Erde bis zu einem gewissen Punkt der Reife gediehen war, die Wasser sich verlaufen hatten und das Trockene genugsam grünte, trat die Epoche der Menschenwerdung ein, und es entstanden die Menschen durch die Allmacht Gottes überall, wo der Boden es zuließ, und vielleicht auf den Höhen zuerst. Anzunehmen, daß dieses geschehen, halte ich für vernünftig; allein darüber nachzusinnen, wie es geschehen, halte ich für ein unnützes Geschäft, das wir denen überlassen wollen, die sich gern mit unauflösbaren Problemen beschäftigen und die nichts Besseres zu tun haben."

*) Inzwischen ist auch er dahingegangen. Anm. d. 3. Aufl.
**) Gespräch mit Eckermann am 7. Oktober 1828.

Digitized by Google

Man wird einwerfen: laßt Goethe doch in Ruhe, er kannte ja den Darwinismus noch nicht; heute würde er nicht mehr so sprechen.

Mir ist zweifelhaft, ob Goethe trotz seiner Entdeckung des Zwischenkiefers heute eine wesentliche andere Stellung zur Entstehung des Menschengeschlechts einnehmen würde. Allein selbst im Lager der Darwinisten ist A. R. Wallace schließlich zu dem Ergebnisse gelangt, daß der Mensch physisch und geistig unabhängig von der Naturzüchtung entstanden sei und nur der unmittelbaren Einwirkung eines höheren Willens sein Dasein verdanken könne.

Es muß dahingestellt bleiben, ob wir für die Entstehung des Menschen einen dritten Schöpfungstag zu Hilfe rufen sollen oder nicht. Tun wir es, so wird man sagen: nein, dies Wunder wäre zu groß! Indessen, geben wir die Möglichkeit des Wunders überhaupt zu, so kann etwas mehr oder weniger davon nicht in Betracht kommen, zumal dies mehr oder weniger vermutlich nur in unserer beschränkten Auffassung besteht.

Was ist denn überhaupt Wunder? dies Wort, „des Glaubens liebstes Kind," bei dessen bloßer Nennung so manchen ein Schauer überläuft, und das so gerne mit den Erzeugnissen des Aberglaubens zusammengeworfen wird.

„Portentum non fit contra naturam, sed contra quam est nota natura" sagt Augustinus; ein Wunder steht nicht im Widerspruch zur Natur, sondern nur zu dem, was wir von der Natur wissen. Ich möchte mich etwas anders ausdrücken. Ich möchte sagen: Ein Wunder ist eine Erscheinung, die wir nicht verstehen und nicht verstehen können. Auch damit ist der Relativität Genüge geleistet, die dem Begriffe des Wunders unzweifelhaft innewohnt. Was uns ein Wunder sein muß, würde es für ein mit übermenschlicher Intelligenz begabtes Wesen nicht zu sein brauchen; wie für den Wilden eine elektrische Straßenbahn unzweifelhaft ein Wunder ist.

Wunder gehört sprachlich zu sich verwundern. Wie

Digitized by Google

jeder Begriff, für den die Sprache ein Wort gebildet, hat auch der Begriff des Wunders seine Berechtigung. Darum braucht uns das Wunder aber nicht zum Aberglauben zu verleiten. Wenn uns jemand erzählt, ein Knabe habe Vögel aus Ton geformt, habe sie angehaucht, und die Vögel seien davongeflogen — so ist dies kein Wunder, sondern ein Märchen, dem wir den Glauben versagen. Ein roher Wunderbegriff, der sich über die Naturgesetze hinwegsetzt, ist zu bekämpfen. Im wirklichen Wunder tritt uns nur eine bewundernswerte Verwendung der Naturgesetze entgegen, die wir nicht zu durchschauen vermögen. Das Wunder ist aber ein unlösbares Problem — dadurch unterscheidet es sich vom Rätsel.

Bei meiner Fassung des Wunderbegriffs kann bei fortschreitender Einsicht des Menschen in den Werdegang der Natur die Zahl der Wunder eine Einschränkung erfahren, wie auch der von Elektrizität getriebene Wagen für den Wilden kein Wunder bleibt, sobald derselbe genügend unterrichtet wird. Im Verlaufe der Zeit kann ein unlösbares Problem zu einem lösbaren werden.

Auch das seltenere oder häufigere Auftreten einer Erscheinung kann für die Frage, ob ein Wunder vorliegt, nicht in Betracht kommen. Die Erschaffung der ersten Organismen aus unorganischem Material ist unzweifelhaft ein Wunder, weil wir sie nicht verstehen, sondern sie nur aus Tatsachen zu folgern genötigt sind. Aber auch die Fortpflanzung, die wir ebensowenig verstehen, ist für mich ein Wunder. Weil wir sie täglich millionenfach erleben, mit Augen sehen, mit Händen greifen können, hat sich die Menge so sehr daran gewöhnt, daß sie des Wunderbaren in diesem Vorgange sich nicht immer bewußt bleibt. Ich kann mir nicht versagen, die Darstellung, welche dies Wunder der Fortpflanzung bei Krönig gefunden hat, hier noch im Wortlaute folgen zu lassen:*)

*) l. c. S. 91.

Digitized by Google

„An einer Stelle des Körpers des männlichen Individuums bilden sich zahllose Kopien des Individuums von mikroskopischer Größe, die Spermatozoen. In jeder einzelnen Kopie ist das Original bis in ein sehr minutiöses Detail enthalten, obgleich es vollkommen unbegreiflich ist, auf welche Weise jeder kleinste Körperteil sich an dem Entstehungsorte der Kopie, oder vielmehr der Millionen von Kopien, abzuspiegeln oder zur Geltung zu bringen vermag. Fast ebenso wunderbar ist die Bildung der Eier im weiblichen Organismus. Denn jedes Ei ist offenbar ebenfalls eine, bis auf außerordentlich geringe Kleinigkeiten getreue Kopie des Originals. Zu diesem allem kommt nun noch das unbegreifliche Rätsel, daß zwei Kopien, ein Spermatozoen und ein Eichen, sich miteinander verbinden müssen, um eine einzige gemeinsame Kopie der beiden betreffenden Originale hervorzubringen, wobei die Kopie bald dem einen bald dem anderen der beiden Originale sich genauer anschließt, oft aber auch eine bedeutende selbständige Abweichung von jenen dokumentiert."

Ich füge hinzu, daß alle sogenannten wissenschaftlichen Erklärungsversuche der Fortpflanzung und Vererbung in ihrer Hilflosigkeit mir nur zu beweisen scheinen, daß wir hier einem für absehbare Zeit unlösbarem Probleme gegenüberstehen, welches wir hinnehmen müssen, wie die Entstehung der Urzellen. Richtiger, als willkürliche Hypothesen aus der Luft zu greifen, um die Fortpflanzung „molekularphysikalisch" zu erklären, scheint mir der bescheidene Standpunkt des großen Linné zu sein, wenn er sagt:

„Deum sempiternum, omniscium, omnipotentem a tergo transeuntem vidi et obstupui! Legi aliquot ejus vestigia per creata rerum, in quibus omnibus, etiam minimis, ut fere nullis, quae vis, quanta sapientia, quam inextricabilis perfectio!" *)

Mehr als ein Jahrhundert der gewaltigsten Fortschritte im Naturerkennen ist seit jenen Worten Linnés vergangen. Unbeirrt fahren wir fort, mit Anspannung aller Kräfte weiter zu forschen und einen Schacht der Erkenntnis nach

*) Ich sah den ewigen, allwissenden und allmächtigen Gott flüchtig und von weitem vorübergehen und staunte. Ich fand manche seiner Spuren in den Schöpfungen der Dinge, in denen allen, auch den unscheinbarsten: welche Gewalt, welche Weisheit, welche unentwirrbare Vollkommenheit!

Digitized by Google

dem anderen in die Tiefe der Natur zu treiben; doch die Weisheit jener Worte bleibt dadurch ganz unberührt, sie ist aere perennius.

Die Lehre des Moses bleibt eine der größten Geistestaten der Geschichte. Wahrheit und Dichtung sind in ihr verknüpft, wie sie in allen Kosmogonien aller Zeiten verknüpft sein werden. Vielfach werden die menschlichen Anschauungen im einzelnen sich noch wandeln, denn die Naturforschung ist eine sehr junge Wissenschaft; die Sprache aber wird stets die Bewältigung und Handhabung der Energien durch Intelligenz als Tat bezeichnen. Mögen künftige Jahrhunderte und Jahrtausende unsere Kenntnisse vermehren und läutern, wie das neunzehnte Jahrhundert es getan hat; nie wird die Stimme schweigen, welche auch heute noch laut und vernehmlich ruft wie zur Zeit Moses:

„Im Anfang war die Tat."

Digitized by Google

Pierersche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

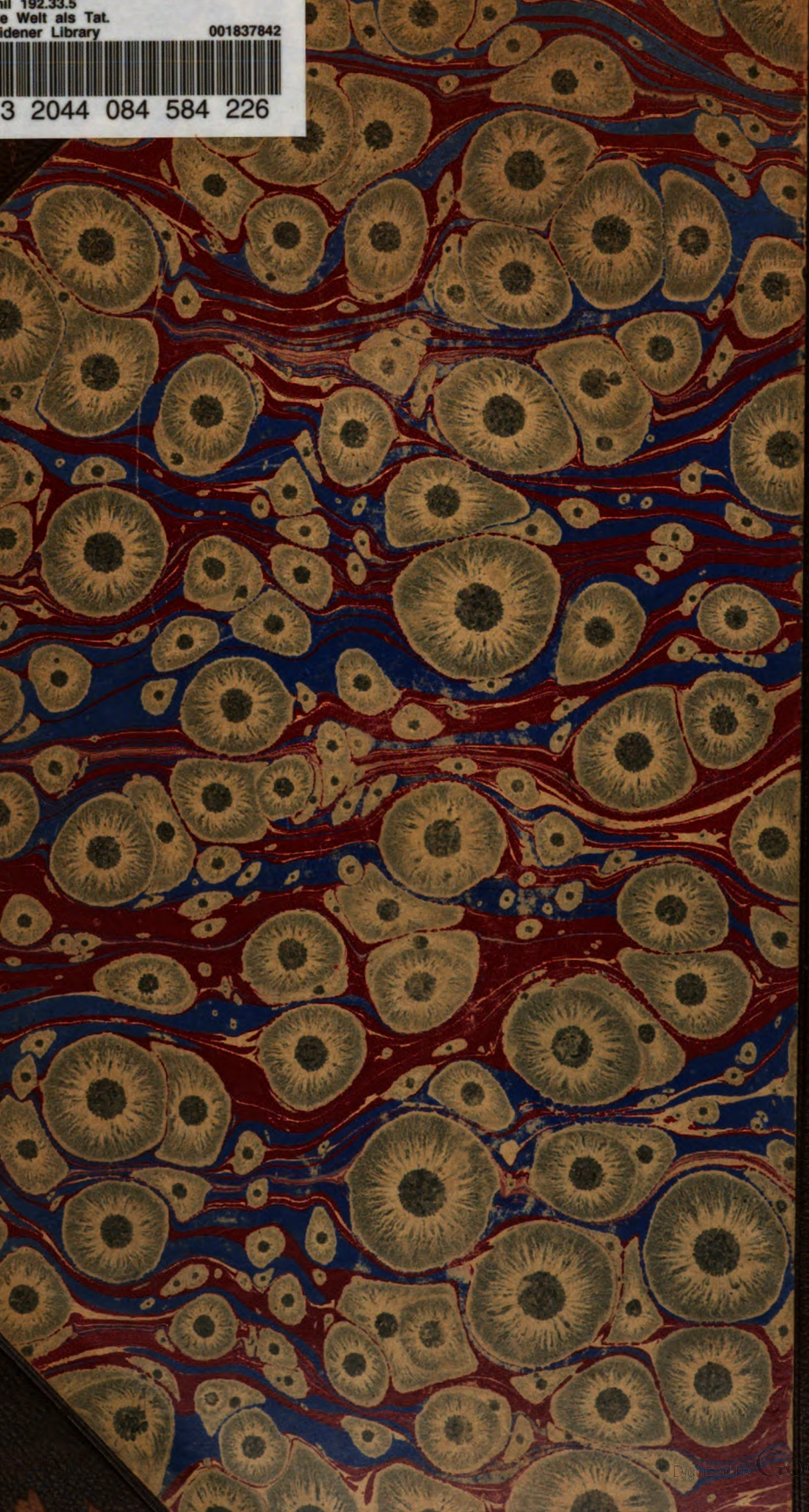
THE BORROWER WILL BE CHARGED AN OVERDUE FEE IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW. NON-RECEIPT OF OVERDUE NOTICES DOES NOT EXEMPT THE BORROWER FROM OVERDUE FEES.

CAN
NOV 11 1981
JUL 3 - 1986
1871742

WIDENER
BOOK DUE
CANCELLED
FEB 24 1989
MAR 27 1989
2928160

Digitized by Google

hil 192.33.5
e Welt als Tat.
idener Library
001837842
3 2044 084 584 226



Digitized by Google